



SKRIPSI – TK 141581

**VISUALISASI MAKRO INSTABILITAS POLA
ALIR SERTA PENGUKURAN *PUMPING*
CAPACITY DAN *MIXING TIME* DALAM TANGKI
BERPENGADUK DENGAN *SIDE ENTERING*
*IMPELLER***

AZIS HARDIANTO WAHYUJATI

NRP. 2311100117

HERMAWAN FANDINUARI

NRP. 2311100126

Dosen Pembimbing

Dr. Tantular Nurtono, ST. M. Eng

NIP. 197205201997021001

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng

NIP. 195209161980031002

JURUSAN TEKNIK KIMIA

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA 2015



FINAL PROJECT – TK 141581

**VUSUALIZATION OF FLOW PATTERNS AND
MACRO INSTABILITY, MIXING TIME AND
PUMPING CAPACITY MEASUREMENT IN
AGITATED TANK WITH SIDE ENTERING
IMPELLER**

AZIS HARDIANTO WAHYUJATI

NRP. 2311100117

HERMAWAN FANDINUARI

NRP. 2311100126

Advisors

Dr. Tantular Nurtono, ST. M. Eng

NIP. 197205201997021001

Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M. Eng

NIP. 195209161980031002

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2015**

LEMBAR PENGESAHAN

VISUALISASI MAKRO INSTABILITAS POLA ALIR SERTA PENGUKURAN *PUMPING CAPACITY* DAN *MIXING TIME* DALAM TANGKI BERPENGADUK DENGAN *SIDE ENTERING IMPELLER*

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik Program Studi S-1
Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

AZIS HARDIANTO WAHYUJATI
HERMAWAN FANDINUARI

2311100117
2311100126

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Dr. Tantular Nurtono, S.T., M.Eng.
(Pembimbing I)
2. Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng
(Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Gede Wibawa, M.Eng
(Penguji I)
4. Dr. Widiyastuti, S.T., M.T.
(Penguji II)
5. Dr. Siti Machmudah, S.T., M.Eng
(Penguji III)



SURABAYA
JULI 2015

VISUALISASI MAKRO INSTABILITAS POLA ALIR SERTA PENGUKURAN *PUMPING CAPACITY* DAN *MIXING TIME* DALAM TANGKI BERPENGADUK DENGAN *SIDE ENTERING IMPELLER*

Nama : Azis Hardianto Wahyujati (2311100117)

Hermawan Fandinuari (2311100126)

Jurusan : Teknik Kimia FTI-ITS

**Pembimbing : Dr. Tantular Nurtono S.T, M.Eng
Prof. Dr. Ir Sugeng Winardi, M.Eng**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik pola alir dan makro instabilitas dengan menggunakan video camera, serta waktu pencampuran (mixing time) yang terjadi dalam reactor berpengaduk menggunakan side entering impeller secara eksperimen .

Berdasarkan penelitian yang berkembang, penggunaan side-entering impeller belum banyak diteliti sehingga fenomena yang terjadi pada sistem pencampuran tersebut seperti pola alir dan makro instabilitas belum banyak diketahui. Dengan menggunakan video camera dapat terlihat vektor, kontur, dan pola aliran yang terbentuk dari distribusi partikel padat dalam campuran.

Performa pengadukan dapat diindikasikan dari waktu pencampuran (Mixing Time). Mixing time mengindikasikan seberapa lama waktu yang dibutuhkan oleh pengadukan untuk mencapai larutan yang homogen. Dengan pengukuran pH (derajat keasaman melalui penambahan zat asam dapat diketahui waktu sampai pH mencapai nilai konstan. Perubahan waktu dari pH awal sampai pH konstan ini adalah mixing time.

Peralatan yang digunakan terdiri dari tangki silinder, 6 pitch blade turbine, 4 pitch blade turbine, poros impeller dan

motor. Karena dalam penelitian ini digunakan teknik visualisasi untuk mempelajari pola aliran dalam tangki berpengaduk dengan side entering impeller, maka tangki silinder dikelilingi oleh tangki kotak.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa semakin tinggi tinggi liquida maka variasi pola alir akan semakin sedikit. Semakin banyak jumlah daun impeller maka variasi aliran akan semakin berkurang, namun life time pola alir yang terjadi lebih lama. Semakin besar kecepatan pengadukan, diameter impeller, dan semakin banyak jumlah blade maka mixing time akan semakin berkurang. Semakin banyak jumlah blade, maka pumping capacity semakin besar.

Kata kunci : Side-entering, Tangki Berpengaduk, Impeler, Waktu Pencampuran

Visualization of Flow Patterns and Macro Instability, Mixing Time and Pumping Capacity Measurement in Agitated Tank with Side Entering Impeller

Name : Azis Hardianto Wahyujati (2311100117)

Hermawan Fandinuari (2311100126)

Department : Teknik Kimia FTI-ITS

**Advisors : Dr. Tantular Nurtono S.T, M.Eng
Prof. Dr. Ir Sugeng Winardi, M.Eng**

ABSTRACT

The purpose of this research to determine the characteristic of flow patterns, macro instability by visualization based on video camera, and mixing time in agigated tank with side-entering impeller.

During this studies, side-entering agitated tank very rarely use more often based on simulations and experiment that require a lot of cost. The phenomena such as flow pattern and macro instability is not yet known. By using a video camera, the analysis of systems involving fluid flow, heat transfer, and other related phenomena such as chemical reactions can be very aesthetically vector and contour of the flow pattern which is formed from the distribution of solid particle in the mixture.

Mixing performance can be determined by measuring mixing time. Mixing time is the time which is required by blending process to achieve level homogeneity of some mixture. This can be measured by adding acid solution, and measuring the time that is required to achieve constant pH meter reading.

The equipment used consisted of a cylindrical tank, 6 pitch blade turbine, 4 pitch blade turbine, impeller shaft, and the motor. Because this study used visualization techniques to study flow patterns in stirred tank with a side entering impeller, then the cylindrical tank surrounded by boxes.

From the research that has been done, it can be found that the greater weight of liquid inside the vessel, the variation of flow pattern become decrease. As the impeller diameter become greater the variation of flow pattern also greater. The number of blade is inversely proportional to the variation of flow pattern. But the greater number of blade, the life time of each flow pattern become greater. Mixing time is inversely proportional to rotational speed, impeller diameter, and the number of blades.

Key Word :Side-entering, Agitated tank, Impeller, Mixing Time.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran Allah SWT. yang selalu melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Skripsi kami yang berjudul:

**“VISUALISASI MAKRO INSTABILITAS POLA ALIR
SERTA PENGUKURAN *PUMPING CAPACITY* DAN
MIXING TIME DALAM TANGKI BERPENGADUK
DENGAN *SIDE ENTERING IMPELLER*”**

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi program Strata-1 di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis menyadari dalam penyusunan Skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua serta saudara-saudara kami, atas doa, bimbingan, perhatian, serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi, M.Eng selaku Pembimbing dan Kepala Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
3. Bapak Dr. Tantular Nurtono, S.T, M.Eng selaku Dosen Pembimbing Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran, Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS, atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
4. Bapak dan Ibu Dosen serta Karyawan Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya yang telah memberikan ilmu dan bimbingan kepada penulis.
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

6. Bapak Setiyo Gunawan, ST, Phd selaku Sekretaris Jurusan Jurusan Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya.
7. Be Ef, Juwita, Yusi, Gede, Rika, Faning, Drajat, Rosi, Laila, Ni'am, Dini, Dimas, Ardianto, Gin-Gin, Della, Wulan, Rina, Diana, Lia, Upik, Sarah, Lemon, Audit, Ridho dan Icuu sebagai rekan-rekan Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran atas semangat dan motivasinya
8. Seluruh civitas akademika Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS yang telah memberikan dukungan moril kepada penulis.
9. Keluarga besar Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), khususnya teman-teman di Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS atas semua dukungan, semangat, serta kerjasamanya.

Kami menyadariskripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik demi kesempurnaan dan perbaikannya. Akhirnya kami harap Skripsi ini dapat memberikan sumbangan bagi pembaca.

Surabaya, 14 Juni 2015

Penyusun

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II. 1 Mixing.....	5
II. 2 Jenis Impeler	7
II.3 Suspensi Solid – Liquid	8
II.4 Penelitian Terdahulu	9
BAB III	13
METODOLOGI PENELITIAN	13
III.1 Peralatan yang Dipakai.....	13
III.2 Teknik Visualisasi	15
III.3 Pengukuran Waktu Pencampuran	16

III.5 Pengukuran <i>Pumping Capacity</i>	18
BAB IV	19
HASIL DAN PEMBAHASAN	19
IV.1 Identifikasi Pola Alir	19
IV.1.1 Pengaruh Jumlah Daun Impeller Terhadap Pola Alir...	19
IV.1.2 Pengaruh Ketinggian Liquida Terhadap Pola Alir	78
IV.2 Pengukuran Waktu Pencampuran (<i>Mixing Time</i>)	86
IV.2.1 Pengaruh Jumlah Daun Impeller terhadap <i>Mixing Time</i>	87
IV.2.2 Pengaruh Kecepatan Putar terhadap <i>Mixing Time</i>	89
IV.2.3 Pengaruh Diameter Impeller Terhadap <i>Mixing Time</i> ..	91
IV.3 Pengukuran <i>Pumping Capacity</i>	92
IV.3.1 Pengaruh Jumlah Daun Impeller terhadap <i>Pumping Capacity</i>	93
BAB V	95
KESIMPULAN DAN SARAN	95
V.1 Kesimpulan	95
V.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA	xv
APPENDIKS	xvii

DAFTAR TABEL

Tabel III.1	Ukuran geometri sistem tangki pengaduk	14
Tabel IV.1	Pengamatan daerah Vertikal (dari samping Tangki) diameter impeller 3 cm	20
Tabel IV.2	Pengamatan daerah Horizontal (dari atas tangki) diameter impeller 3 cm	21
Tabel IV.3	Pengamatan daerah vertikal (dari samping tangki) diameter impeller 4 cm	22
Tabel IV.4	Keterangan Gambar Pola alir 4 <i>Pitched Blade Turbine</i> 3 cm pada 400 rpm	25
Tabel IV.5	Keterangan Gambar Pola alir 6 <i>Pitched Blade Turbine</i> 3 cm pada 400 rpm	27
Tabel IV.5	Keterangan gambar pola alir 4 <i>pitch blade turbine</i> 4 cm pada 400 rpm	29
Tabel IV.6	Keterangan gambar pola alir 6 <i>pitch blade turbine</i> 4 cm pada 400 rpm	33
Tabel IV.7	Pengamatan daerah vertikal (dari samping tangki) diameter impeller 3 cm	36
Tabel IV.8	Pengamatan daerah horizontal (dari atas tangki) diameter impeller 3 cm	37
Tabel IV.9	Pengamatan daerah vertikal (dari samping tangki) diameter impeller 4 cm	38
Tabel IV.10	Pengamatan daerah horizontal (dari atas tangki) diameter impeller 4 cm	40
Tabel IV.11	Keterangan Gambar Pola alir 4 <i>Pitched Blade Turbine</i> 3 cm pada 500 rpm	43
Tabel IV.12	Keterangan Gambar Pola alir 6 <i>Pitched Blade Turbine</i> 3 cm pada 500 rpm	46

Tabel IV.13	Keterangan gambar pola alir 4 <i>pitch blade turbine</i> 4 cm pada 500 rpm.....	50
Tabel IV.14	Keterangan gambar pola alir 6 <i>pitch blade turbine</i> 4 cm 500 rpm.....	54
Tabel IV.15	Pengamatan daerah vertikal (dari samping tangki) diameter impeller 3 cm.	57
Tabel IV.16	Pengamatan daerah horizontal (dari atas tangki) diameter impeller 3 cm.....	58
Tabel IV.17	Keterangan Gambar Pola alir 4 <i>Pitched Blade Turbine</i> 3 cm pada 600 rpm.....	62
Tabel IV.18	Keterangan Gambar Pola alir 6 <i>Pitched Blade Turbine</i> 3 cm pada 600 rpm.....	65
Tabel IV.19	Keterangan gambar 4 <i>pitch blade turbine</i> 4 cm 600 rpm.....	69
Tabel IV.20	Keterangan gambar 6 <i>pitch blade turbine</i> 4 cm 600 rpm.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Aliran vektor untuk side entering dengan sudut β	6
Gambar II.2. Vektor aliran side entering (a)circular. (b) induce by wall.....	6
Gambar II.3 Pola Alir Impeller Axial.....	7
Gambar II.4 Bentuk Pengaduk Axial	8
Gambar III.1 Geometri pitch blade Impeler	14
Gambar III.2 Susunan alat.....	15
Gambar III.3 Sistem pencahayaan untuk bidang cahaya vertikal,.....	16
Gambar III.5 Skema alat pengukuran waktu pencampuran.	17
Gambar III.6 Susunan alat pengamatan <i>pumping capacity</i>	18
Gambar IV.1 Hasil visualisasi pola alir 4 <i>Pitch Blade Turbine</i> 3 cm pada 400 rpm.....	24
Gambar IV.2 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 <i>Pitched Blade Turbine</i> pada 400 rpm.....	25
Gambar IV.3 Hasil visualisasi pola alir 6 <i>Pitched Blade Turbine</i>	26
Gambar IV.4 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 <i>Pitched Blade Turbine</i> 3 cm pada 400 rpm.....	26
Gambar IV.5 Hasil visualisasi pola alir 4 <i>pitch blade turbine</i> pada 400 rpm.....	28
Gambar IV.6 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 <i>pitch blade turbine</i> pada 400 rpm	29

Gambar IV.7 Hasil visualisasi pola alir 6 <i>pitch blade</i> turbine 4 cm pada 400 rpm	32
Gambar IV.8 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 <i>pitch blade</i> turbine 4 cm pada 400 rpm.....	32
Gambar IV.9 Hasil visualisasi pola alir 4 <i>Pitched Blade</i> Turbine pada 500 rpm	42
Gambar IV.10 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 <i>Pitched Blade</i> Turbine 3 cm pada 500 rpm	43
Gambar IV.11 Hasil visualisasi pola alir 6 <i>Pitched Blade</i> Turbine 3 cm pada 500 rpm.....	45
Gambar IV.12 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 <i>Pitched Blade</i> Turbine pada 500 rpm	46
Gambar IV.13 Hasil visualisasi pola alir 4 <i>pitch blade</i> turbine pada 500 rpm	49
Gambar IV.14 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 <i>pitch blade</i> turbine pada 500 rpm.....	50
Gambar IV.15 Hasil visualisasi pola alir 6 <i>pitch blade</i> turbine pada 500 rpm	54
Gambar IV.16 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 <i>pitch blade</i> turbine pada 500 rpm.....	54
Gambar IV.17 Hasil visualisasi pola alir 4 <i>Pitched Blade</i> Turbine pada 600 rpm	61
Gambar IV.18 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 <i>Pitched Blade</i> Turbine 3 cm pada 600 rpm	61
Gambar IV.19 Hasil visualisasi pola alir 6 <i>Pitched Blade</i> Turbine 3 cm pada 600 rpm.....	64
Gambar IV.20 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 <i>Pitched Blade</i> Turbine pada 600 rpm	65

Gambar IV.21 Hasil visualisasi pola alir 4 PBT 4 cm 600 rpm.....	69
Gambar IV.22 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 <i>pitch blade turbine</i> pada 600 rpm.....	73
Gambar IV.23 Hasil visualisasi pola alir 6 <i>pitch blade turbine</i> pada 600 rpm.....	75
Gambar IV.24 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 <i>pitch blade turbine</i> pada 600 rpm.....	77
Gambar IV.25 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 6 diameter 3 cm pada 400 rpm.....	79
Gambar IV.26 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 6 Diameter 4 cm pada 400 rpm	80
Gambar IV.27 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 4 Diameter 3 cm pada 400 rpm	81
Gambar IV.28 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 4 Diameter 4 cm pada 400 rpm	82
Gambar IV.29 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 6 Diameter 3 cm pada 500 rpm	83
Gambar IV.30 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 6 Diameter 4 cm pada 500 rpm	84
Gambar IV.31 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 4 Diameter 3 cm pada 500 rpm	85

Gambar IV.32 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 4 Diameter 4 cm pada 500 rpm	86
Gambar IV.33 Pengaruh Jumlah Daun Impeller terhadap Mixing Time pada diameter 3 cm pada 400 rpm	87
Gambar IV.34 Pengaruh Jumlah Daun Impeller terhadap Mixing Time pada diameter 4 cm pada 400 rpm	88
Gambar IV.35 Pengaruh Kecepatan Putar terhadap Mixing Time pada impeller berdaun 4 diameter 4 cm	89
Gambar IV.36 Pengaruh Kecepatan Putar terhadap <i>mixing time</i> pada impeller berdaun 6 diameter 3 cm.....	90
Gambar IV.37 Pengaruh Diameter Impeller Berdaun 4 dengan kecepatan putar 400	91
Gambar IV.38 Pengaruh Diameter Impeller berdaun 6 dengan kecepatan putar 400	91
Gambar IV.39 Pengaruh Jumlah Daun pada Kecepatan Rata-Rata Sirkulasi	93
Gambar IV.40 Pengaruh Jumlah Bladeterhadap <i>Pumping Capacity</i>	93

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tangki berpengaduk secara luas digunakan dalam industri untuk memberikan sirkulasi pada aliran fluida didalamnya. Tangki berpengaduk banyak diaplikasikan untuk pencampuran, reaksi dua larutan yang terlarut, mendispersi dua larutan yang tak saling larut, pencampuran dalam sistem multiphase, dan lain-lain. Banyak sektor yang menggunakan pengadukan dalam skala yang besar, tidak hanya pada industry kimia, melainkan industry makanan minuman, farmasi, kertas, plastik, keramik, dan karet.

Proses pengadukan memiliki beberapa tujuan antara lain untuk mendistribusikan nutrien pada biogas digester secara merata, membentuk suspensi antara padat dan cair, menghindari terjadinya proses sedimentasi partikel, mempercepat proses pencampuran fluida karena dapat mempercepat terjadinya perpindahan massa dan energi yang berupa panas, baik yang disertai reaksi kimia maupun tidak, mencegah terjadinya pembentukan *foam* dan mempermudah gas untuk bisa terangkat dari proses fermentasi substrat pada kondisi kering.

Berdasarkan posisi poros impeller terhadap tangki berpengaduk, tangka berpengaduk dapat dibagi menjadi tiga macam. Yakni, pengadukan dari atas (*Top entering*), pengadukan dari bawah (*Bottom entering*), dan pengadukan dari samping (*Side entering*). *Side entering* direkomendasikan untuk zona agitasi atau level agitasinya tidak lebih dari 100 % dari diameter tangki atau lebar tangki dan tidak ada batasan untuk aplikasinya.

Side entering impeller mixer biasanya digunakan untuk tangki yang besar dimana penggunaan *top entering mixer* tidak dapat digunakan karena keterbatasan pemasangan shaft. *Side entering impeller mixer* normalnya digunakan untuk memberikan sirkulasi pada tangki penyimpanan yang berukuran besar agar

terhindar dari pengendapan suspensi. *Side entering unit* juga digunakan untuk tangki *blending* yang besar pada biogas reaktor, *gasoline*, bahan kimia, *blending* persediaan kertas dan sistem-sistem yang sama besar tetapi tidak memerlukan adanya batasan untuk sistem yang besar. Kelebihan dari *Side entering impeller mixer* meliputi biaya yang rendah dan pemasangan yang mudah karena tidak memerlukan *mounting support* seperti yang diperlukan untuk pemasangan *top entering mixer*. Oleh karena itu, pencampuran atau pengadukan dengan *side entering impeller* mempunyai peranan penting dalam meningkatkan produktivitas dan keuntungan.

Selama ini telah banyak dilakukan penelitian terhadap *top entering mixer* baik dengan metode eksperimen maupun metode *Computational Fluid Dynamics* (CFD). Tetapi penelitian terhadap *side entering mixer* belum banyak dilakukan. Mayoritas penelitian terhadap *side entering mixer* meliputi penentuan antara *impeller* yang berdekatan (θ), sudut horizontal (β), dan sudut vertical (γ) tiap *impeller*, dan memprediksi power yang diinput dan *pumping capacity* tiap *impeller*. (Wesselingh (1974); Bakker dan Fassano, 2000; Paul dkk., 2004; Gustiayu & Sari, 2012).

Derajat homogenitas dalam tangki berpengaduk ditentukan oleh pola alir, *mixing time*, dan *pumping capacity* *impeller*. Pola alir didalam tangki berpengaduk sangat kompleks dan bervariasi terhadap skala waktu, hal ini merupakan fenomena yang menarik untuk diamati didalam tangki berpengaduk. Pola alir yang berubah berkali-kali di dalam tangki pada skala waktu tertentu dengan frekuensi kecil dan periode yang tinggi merupakan fenomena *macro-instability*.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan studi yang terus berkembang masih banyak permasalahan yang berhubungan dengan pola alir dan fenomena makro instabilitas dalam tangki berpengaduk dengan *Side Entering Impeller*. Serta permasalahan yang berhubungan dengan derajat homogenitas yang bergantung oleh pola alir, waktu

pencampuran dan *pumping capacity*. Oleh karena itu, dengan mengetahui karakteristik pola alir, fenomena makro instabilitas, serta memperoleh *mixing time* dan *pumping capacity* permasalahan tersebut dapat diatasi.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini dilakukan dalam tangki berpengaduk jenis silinder dengan dasar datar (*flat bottomed cylindrical tank*) menggunakan *side-entering impeller* dengan sistem *single phase*. Menggunakan impeller 4 blade dan 6 blade 45° *Pitched Blade Turbine* dengan kecepatan putar 400-700 rpm.

1.4. Tujuan Penelitian

Mengidentifikasi pengaruh jenis, kecepatan impeller dan tinggi liquida terhadap fenomena makro-instabilitas berdasarkan variasi pola alir. Mengidentifikasi pengaruh jumlah daun, diameter dan kecepatan putar impeller terhadap *mixing time* dan *pumping capacity* dan menentukan geometri impeller optimum.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menunjukkan kinerja pencampuran dalam tangki berpengaduk dengan *side entering impeller* berdasarkan karakteristik fenomena makro instabilitas, *mixing time*, *pumping capacity* pada berbagai jenis impeler, kecepatan impeler dan tinggi liquida. Serta dapat digunakan dalam design peralatan dan kondisi operasi tangki berpengaduk dengan *side entering impeler*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II. 1 Mixing

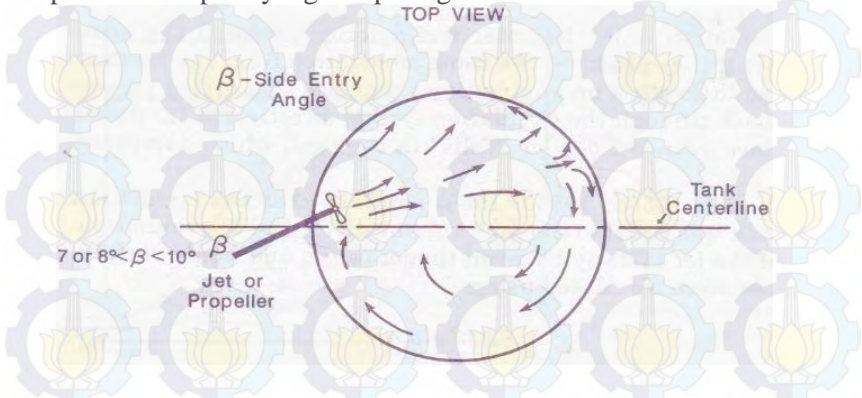
Proses pencampuran (*mixing*) sering digunakan karena dapat mempercepat terjadinya perpindahan massa dan panas. Untuk melakukan proses pencampuran maka digunakan tangki pengaduk. Tangki pengaduk secara umum terdiri dari *impeller* yang terhubung dengan shaft sebagai penggerakannya, dan dilengkapi dengan *baffle*. Bentuk geometri dari tangki berpengaduk sangat menentukan dalam proses pencampuran agar tercapai tujuan pencampuran seperti yang diinginkan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pencampuran adalah:

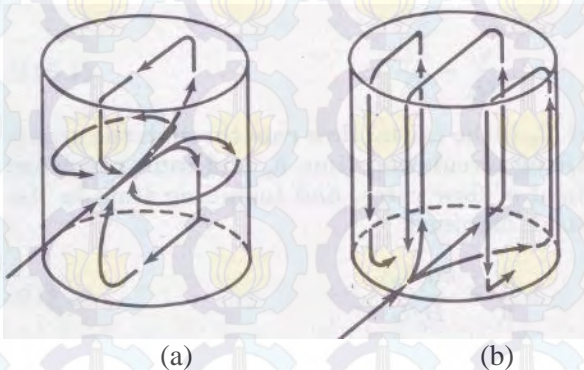
1. Aliran yang turbulen dan laju alir bahan yang tinggi biasanya menguntungkan proses pencampuran. Sebaliknya, aliran yang laminar dapat menggagalkan pencampuran.
2. Ukuran partikel atau luas permukaan. Semakin luas permukaan kontak bahan-bahan yang dicampur berarti semakin kecil partikel dan semakin mudah gerakannya dalam campuran, maka proses pencampuran semakin baik.
3. Kelarutan. Semakin besar kelarutan bahan-bahan yang akan dicampur maka semakin baik pula pencampurannya

Side Entering adalah *mixer* yang masuk ke tangki atau *vessel* dari sisi samping. *Side entering* digunakan untuk tangki yang besar seperti tangki fermentasi biogas, karena alirannya dapat mencapai semua bagian dari tangki. Contohnya *mixer* untuk mencampur isi tangki harus dipasang dibawah level zat cair. Akibatnya *mixer* sering dipasang dekat dengan bagian bawah untuk menjamin pencampuran dari isi tangki bahkan sampai di level liquida paling rendah. Pada *side entering mixer* ada elemen fisik dalam tangki yang memaksa isi naik dan turun kembali, ini yang menunjukkan kerja dari pencampuran itu sendiri, homogenitas dan keseragaman temperatur.

Keuntungan dari *side entering* ini sendiri adalah biaya awal yang rendah dan tidak ada pemasangan bantalan di atas tangki. Penurunan kecepatannya sederhana karena kecepatan operasinya lebih tinggi daripada kebanyakan *turbine mixer*. Menurut Gary B. Tatterson, untuk *side entering*, vektor aliran dapat dilihat seperti yang ada pada gambar 2.1 dibawah.



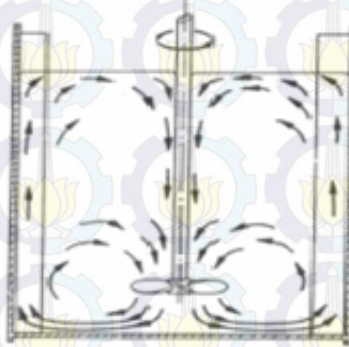
Gambar II.1. Aliran vektor untuk side entering dengan sudut β .



Gambar II.2. Vektor aliran side entering (a) circular. (b) induce by wall.

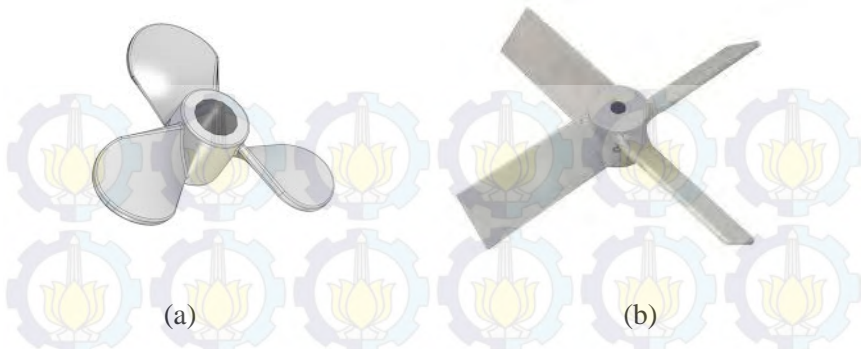
II. 2 Jenis Impeler

Impeller dalam tangki side entering impeller yaitu berjenis impeller axial (yaitu: propeller, pitched blade turbine atau hydrofoil). Impeller axial menghasilkan *discharge flow* yang sejajar dengan sumbu putar impeller. Impeller axial banyak digunakan untuk pencampuran, suspensi solid, dan perpindahan panas. Bentuk impeller tertua adalah propeller kapal (marine propeller) yang biasa digunakan dalam tangki berskala kecil. Impeller ini dapat didesain dengan pitch berbeda-beda untuk merubah kapasitas pemompaan dan daya dorongnya.



Gambar II.3 Pola Alir Impeller Axial

Inclined blade turbijne (IBT) terdiri dari hub dengan sejumlah daun yang dipasang pada hub dengan sudut kemiringan 10^0 dan 90^0 dari sumbu horizontal, biasanya sudut kemiringan daun adalah 45^0 . Aliran yang dipompakan dari IBT mempunyai kedua komponen kecepatan aliran aksial. Kebanyakan aplikasinya, putaran impeller ditentukan untuk menghasilkan aliran menuju ke arah dasar tangki atau pemompaan kebawah. Impeller ini menunjukkan kinerja yang memuaskan untuk proses kristalisasi karena kombinasi shear rendah, dan sirkulasi yang baik.



Gambar II.4 Bentuk Pengaduk Axial
(a) Propeller (b) Pitched blade turbine

II.3 Suspensi Solid – Liquid

Pencampuran solid – liquid dibagi menjadi dua kategori yaitu simple solid dan kompleks solid. Solid apapun yang mengikuti korelasi Zwietering akan disebut simpel solid. Permasalahan dalam suspensi simpel solid hanya dipengaruhi oleh sifat dan ukuran solid serta fraksi volume. Suspensi pasir adalah contoh dari proses simpel solid. Zwietering telah menentukan derajat suspensi untuk suatu partikel solid terhadap kecepatan impeller menjadi beberapa kriteria kemudian Oldshue menjadi lebih sederhana. Oldshue mengklasifikasikan derajat suspensi menjadi tiga kriteria, yaitu:

1. *On-bottom Motion* adalah kondisi suspensi solid dimana semua partikel, termasuk yang berukuran besar bergerak dengan berbagai kecepatan tertentu pada dasar tangki, jadi partikel bergerak ke arah horisontal.
2. *Off-bottom Motion* adalah kondisi suspensi dimana semua partikel, termasuk yang besar bergerak meninggalkan dasar tangki dengan berbagai kecepatan. Partikel yang halus hampir tersuspensi uniform keseluruhan tangki sedangkan partikel yang kasar baru akan tersuspensi meninggalkan dasar tangki.

3. *Complete Uniformity* adalah kondisi suspensi terbaik yang dapat dicapai, dimana partikel dipermukaan bergerak secara horisontal.

Suspensi solid dalam liquida tergantung pada sifat-sifat fisik dari partikel dan liquid serta pola sirkulasi dalam tangki. Partikel yang mempunyai kecepatan pengendapan besar akan lebih sulit tersuspensi daripada partikel dengan kecepatan pengendapan kecil. Faktor pembatas untuk mendapatkan suspensi sempurna ini adalah kecepatan liquid disekat dasar tangki, dimana aliran hampir horisontal dan untuk mendapatkan suspensi sempurna, kecepatan pada daerah ini harus beberapa kali lebih besar daripada kecepatan pengendapan partikel.

II.4 Penelitian Terdahulu

Wesselingh (1975) meneliti tentang pencampuran zat cair pada tangki penyimpanan silinder dengan *side entering propeller* untuk memperoleh korelasi umum dari variable pencampuran dengan berbagai model skala tangki dan berkorelasi hasil dengan cara analisis dimensi.

Oldshue (1956) meneliti waktu yang dibutuhkan untuk campuran lapisan air dengan perbedaan temperature (dan density) dengan cara *side entering propeller*. Efek dari perbedaan density dan kecepatan *propeller* adalah sangat mirip dengan Wesselingh. Namun, efek dari $[d/D]$ lebih besar.

Bakker dan Fassano (1998) Meneliti pola alir dan suspensi solid dalam paper pulp stock chest pada berbagai konsentrasi solid.

Sukmawedha dan Sari (2012) meneliti pola alir dna suspensi solid dalam TB-SEI dengan pendekatan simulasi CFD. Pola alir pada geometri tangki besar terdapat daerah stagnant flow yang cukup besar. Makin kecil geometri (H/D) tangki ratio deadzone terhadap volume liquidanya makin kecil.

Pradana dan Andriani (2013) Meneliti pola alir yang terjadi pada TB-SEI dengan eksperimen menggunakan impeller berbentuk pitch-blade turbine dengan liquida berupa air yang

dicampur dengan partikel PVC. Semakin besar kecepatan putaran pengadukan, maka hasil pengadukan akan semakin homogen dan memiliki N_{Re} yang besar.

Pradana dan Mubin (2014) meneliti karakteristik pola alir dan *makro instability* dalam fluida menggunakan dua jenis tipe *impeller* yaitu marine propeller dan inclined fan turbine berbasis *Computational Fluid Dynamics (CFD)* serta mengetahui validasi dari hasil simulasi terhadap hasil eksperimen. Pola alir lain dalam hal ini fenomena terjadinya makro instabilitas (MI) pada tiap ukuran *impeller* dengan tiap kecepatan *impeller* adalah berbeda. Semakin besar diameter dan kecepatan putar *impeller* akan memberikan jumlah kemunculan fenomena makro instabilitas yang semakin banyak pula. Berdasarkan range kecepatan yang diperoleh, hasil simulasi ini sesuai dengan hasil eksperimen sehingga dapat digunakan untuk simulasi polas aliran pada *storage tank* dengan geometri yang sama.

Pullum dkk. (2008) meneliti efek *impeller* geometri terhadap kecepatan aliran dan suspensi solid. Tipe *impeller* yang dipakai pitched blade turbine dengan jumlah daun sebanyak 2, 3, 4, 5, 6 dan $\alpha = 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ$. Hasil yang didapatkan semakin banyak daun *impeller*, dan semakin besar sudut *impeller*, maka kecepatan akan semakin bertambah.

Ali (2014) meneliti pengaruh *impeller* geometri, *impeller speed*, konsentrasi *tracer* Sodium Klorida terhadap *mixing time*, dengan menggunakan metode pengukuran konduktivitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *mixing time* bergantung pada konsentrasi Sodium Klorida yang ditambahkan, semakin berkurang dengan penambahan kecepatan putar *impeller*. Di dapatkan juga, pola alir mempengaruhi konsentrasi larutan.

Szoplik dan Karcz (2005) meneliti efisiensi homogenisasi dalam tangki berpengaduk dengan *off centered impeller*. Ditemukan bahwa *mixing time* berkurang dengan pertambahan jumlah daun *impeller*. Penambahan jumlah diameter *impeller* juga mengurangi *mixing time*. Nilai terendah dari *mixing time* didapatkan pada *pitched blade turbine* dengan 6 daun.

Kumaresan dan Josh (2005) meneliti efek geometri impeller terhadap pola alir dan pencampuran dalam tangki berpengaduk. Impeller yang digunakan berupa impeller *pitched blade turbine* dengan rasio diameter impeller terhadap diameter tangki (D/T) sebesar 0,2 dan 0,3, dengan jumlah daun 3 dan 6. Hasil yang didapatkan kecepatan aksial di dalam tangki pada impeller berdaun 3 lebih lambat daripada impeller berdaun 6. Semakin besar diameter impeller, maka nilai *power number*, *pumping capacity* lebih besar.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

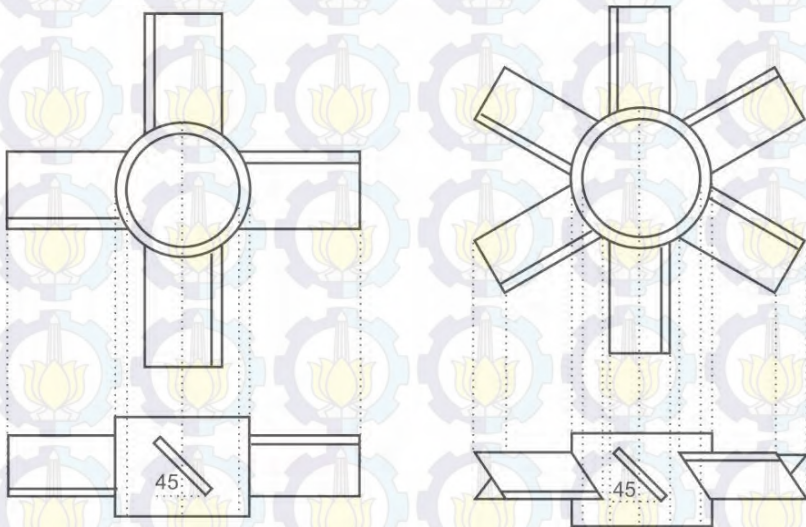
Seperti telah diuraikan pada Bab 1, tujuan penelitian ini adalah untuk menyelidiki pola alir dan makro instabilitas dalam tangki berpengaduk dengan impeller dari samping (*agitated tank with side entering mixer*), serta mengukur waktu pencampuran dan *pumping capacity*. Pola alir yang terjadi dalam tangki akan dianalisa berdasarkan pengamatan aliran dengan teknik visualisasi aliran dari *tracer* yang dimasukkan. Impeler yang digunakan adalah *pitched blade turbine* (PBT) dengan beberapa jenis dan diameter. Peralatan dan teknik visualisasi aliran yang digunakan serta analisa data rekaman hasil pengamatan akan diuraikan dalam beberapa bagian berikut ini.

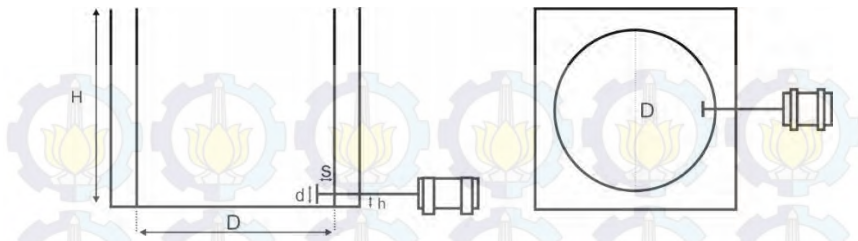
III.1 Peralatan yang Dipakai

1. Tangki berpengaduk dari samping (*agitated tank with side entering mixer*) *flat bottom*.
2. Impeler aksial *4-blade 45° pitched blade* diameter 3 cm dan 4 cm. Dan *6-blade 45° pitched blade* diameter 3 cm dan 4 cm.
3. Motor listrik sebagai penggerak *blade* dengan variasi kecepatan 400-700 rpm.
4. Fluida kerja yang digunakan yakni air PDAM yang diisikan setengah tinggi tangki.
5. Video recorder dengan kualitas rekaman Full HD 1080p 50 fps shutter speed 1/6-1/10000.
6. Penerangan dari 2 lampu halogen 500 watt.
7. pH meter.
8. Larutan HCl 0,05 M.

Tabel III.1 Ukuran geometri sistem tangki pengaduk

D (cm)	H (cm)	H'/H	d (cm)	d/D
40	40	0,5	4	0,1
		7/8	3	0,075

**Gambar III.1** Geometri pitch blade Impeler

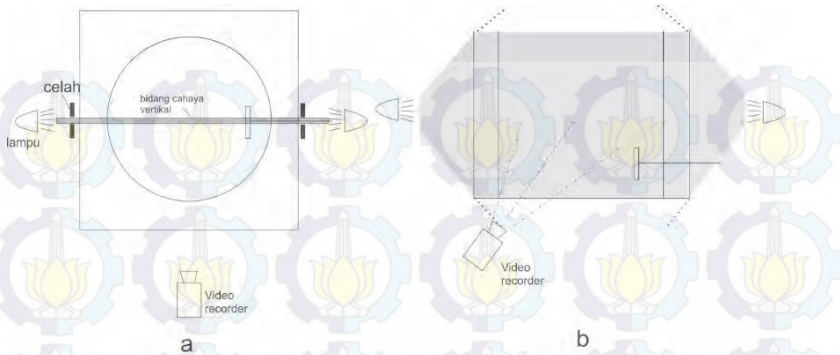


Gambar III.2 Susunan alat

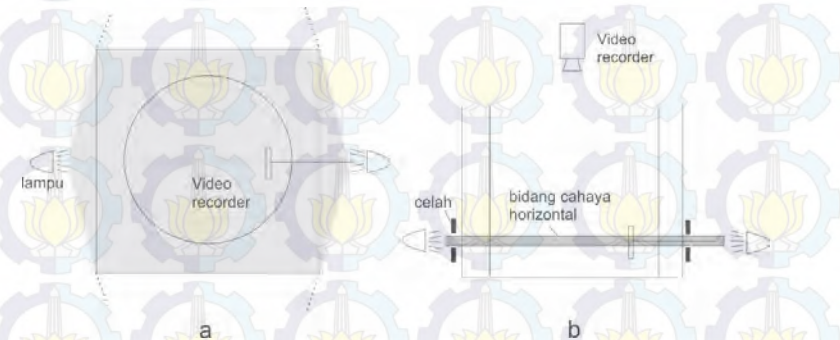
III.2 Teknik Visualisasi

Seperti disebutkan pada bab sebelumnya, untuk menghilangkan pengaruh perbedaan indeks bias air sebagai fluida kerja dan udara, tangki silinder dimasukkan dalam tangki kotak yang juga berisi air. Untuk mengamati fenomena aliran dalam tangki digunakan teknik visualisasi dengan menggunakan kamera video yang mempunyai resolusi full HD dengan 50 fps. Partikel polyvinylchloride (PVC), warna putih, diameter rata-rata = 0,5 mm, densitas = $1160\text{--}1360\text{ kg/m}^3$, digunakan sebagai penjejak (*tracer particles*) yang dapat mengikuti aliran (*flow follower*) supaya dapat mempermudah pengamatan pola aliran yang terjadi. Penambahan partikel penjejak kedalam fluida dilakukan dengan teknik *pulse seeding* secara intermiten sampai akumulasi dari partikel yang terdeposisi didasar tangki tidak menghalangi pengamatan gerak partikel mengikuti aliran.

Karena secara alami aliran dalam tangki bersifat tiga dimensi, maka untuk penyederhanaan pengamatan dilakukan dari salah satu sisi untuk suatu bidang vertikal dan dari atas untuk suatu bidang horizontal yang melewati poros impeler seperti ditunjukkan pada **Gambar III.3** dan **III.4**. Untuk itu diperlukan sistem pencahayaan berupa bidang cahaya yang dilewatkan celah cahaya (*slit*) selebar 1 cm untuk memebentuk bidang cahaya vertikal dan horizontal. Sumber cahaya berasal dari dua unit lampu halogen yang diletakkan berlawanan pada kedua sisi samping baik untuk bidang cahaya vertikal maupun horizontal.



Gambar III.3 Sistem pencahayaan untuk bidang cahaya vertikal,
a. tampak atas b. tampak samping

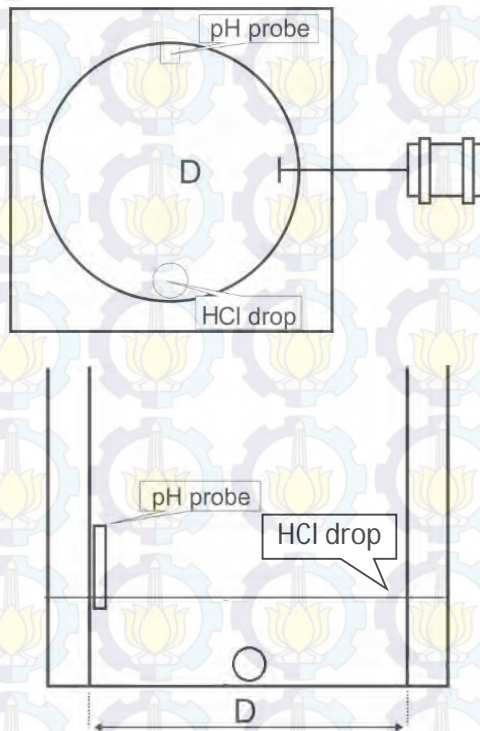


Gambar III.4 Sistem pencahayaan untuk bidang cahaya
horizontal
a. tampak atas, b. tampak samping

III.3 Pengukuran Waktu Pencampuran

Pada penelitian ini menggunakan teknik perubahan pH. Pengukuran waktu pencampuran dilakukan dengan mengamati waktu perubahan pH pada fluida kerja hingga pH konstan. Fluida kerja yang digunakan yakni air, sebagai alat pengubah pH digunakan larutan HCl 0,05 M. Pada penelitian ini fluida kerja

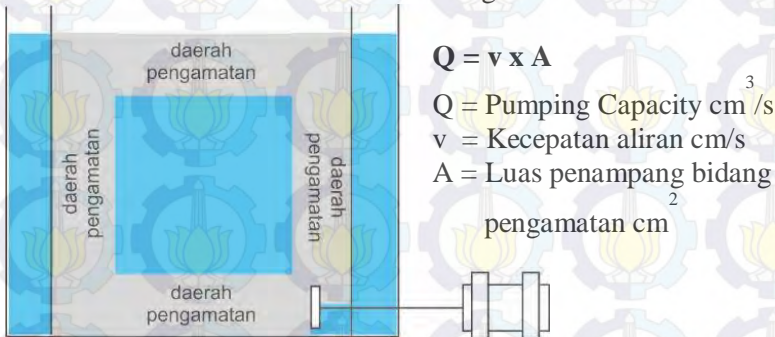
dimasukkan kedalam tangki hingga mencapai ketinggian 10 cm atau seperempat tinggi tangki. Kemudian ditambahkan HCl 0,05 M 2 ml sebagai tracer liquidsa elektrolit, pengukuran pH dilakukan menggunakan pH meter elektrik. Perubahan pH setiap waktu dicatat hingga pH konstan tidak berubah lagi. Pengukuran tiap variable dilakukan sebanyak 3 kali kemudian di rata-rata agar menghasilkan hasil yang akurat. Sehingga, penggunaan pH meter/pH probe hanya satu dapat menunjukkan hasil yang akurat. Susunan alat dapat dilihat pada gambar III.5



Gambar III.5 Skema alat pengukuran waktu pencampuran.

III.5 Pengukuran *Pumping Capacity*

Pengukuran *pumping capacity* dilakukan dengan pengamatan visual dengan mengamati daerah perputaran *tracery* yang paling lebar, dari masing masing sisi pengamatan didapatkan kecepatan dari masing masing daerah yang diamati, selanjutnya diambil nilai rata-rata dari berbagai kecepatan. *Pumping capacity* didapatkan dengan mengalikan kecepatan yang didapat dengan luas penampang yang diasumsikan sebagai pipa atau lintasan *tracer*. Susunan alat sesuai gambar III. 6.



Gambar III.6 Susunan alat pengamatan *pumping capacity*

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1 Identifikasi Pola Alir

Pitched Blade Turbine (PBT) merupakan impeller yang menghasilkan pola aliran aksial, dengan sirkulasi aliran yang beroperasi secara *pumping up* dan *pumping down*. Aliran fluida yang disebabkan oleh impeller axial dalam tangki berpengaduk pada umumnya diinterpretasikan dengan *one-loop circulation* model, yaitu aliran keluar menuju dasar tangki kemudian pada bagian dasar fluida menyimpang, mengubah arahnya bergerak keatas sepanjang dinding tangki, aliran fluida kemudian bergerak secara radial masuk kearah kembali turun menuju impeller menutup sirkulasi *loop*. Namun pada kenyataannya terdapat pola aliran lain yang terbentuk di sekitar impeller dimana kemunculan pola alir tersebut tidak beraturan dan juga tidak stabil. Pola alir tersebut dipengaruhi beberapa faktor antara lain kecepatan putar impeller, geometri impeller, geometri tangki dan pusaran disekitar impeller shaft. Pola aliran ini sangat menarik untuk dipelajari karena dengan adanya variasi pola alir yang terjadi, menunjukkan ketidakstabilan dalam suatu pengadukan yang dikenal dengan makroinstabilitas.

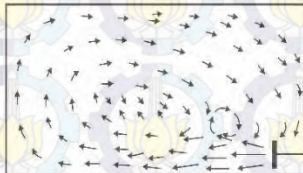
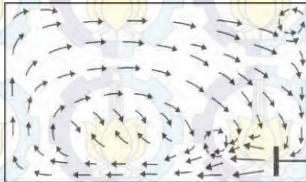
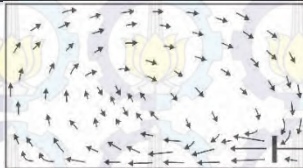
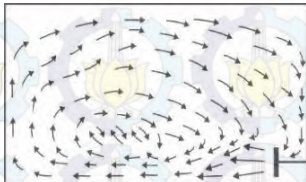
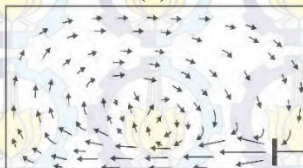
IV.1.1 Pengaruh Jumlah Daun Impeller Terhadap Pola Alir A Kecepatan Putar Impeller 400 RPM

A.1 Pola Alir yang Sama

Penggolongan pola alir yang sama ditentukan dari kejadian sirkulasi dan daerah terjadi vortex (pusaran air). Ketika lintasan sirkulasi dan vortex antara dua pola alir memiliki karakteristik yang sama, maka pola alir digolongkan sama.

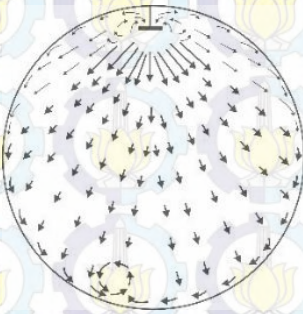
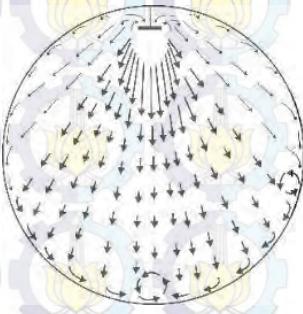
A.1.1 Impeller Diameter 3 cm

Tabel IV.1 Pengamatan daerah Vertikal (dari samping Tangki) diameter impeller 3 cm

Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
One Loop Circulaton dengan 1 Macrovortex		
One Loop Circulation Model	 (a)	
	 (b)	
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
One Loop Circulaton dengan 1 Macrovortex	Terjadi fenomena pusaran didepan impeller, pada aliran <i>discharge flow</i> . Setelah menabrak dinding sebagian aliran kembali ke impeller dan ada yang menuju pusaran didepan	Pola alir pada daun 4 : Terjadi sebanyak 4 kali dengan <i>average life time</i> 7 detik Pola alir pada daun 6 : Terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life</i>

	impeller. Terdapat daerah <i>dead zone</i> (<i>tracer</i> tidak ikut tersirkulasi) di tengah tangki.	<i>time</i> 47 detik
One Loop Circulation Model	Aliran bergerak axial menuju dinding tangki. Setelah menabrak dinding ada yang kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller. Terjadi <i>dead zone</i> (<i>tracer</i> tidak ikut tersirkulasi) di bagian kiri tangki.	Pola alir pada daun 4 : (a) Pola alir umum (b) Terjadi sebanyak 3 kali dengan average <i>life time</i> 5 detik Pola alir pada daun 6 : Terjadi sebanyak 1 kali dengan average <i>life time</i> 10 detik

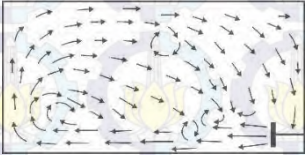

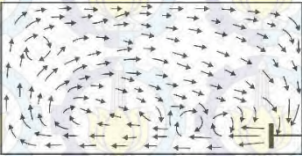
Tabel IV.2 Pengamatan daerah Horizontal (dari atas tangki) diameter impeller 3 cm

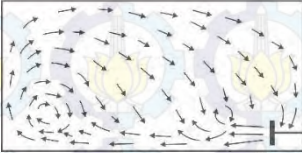
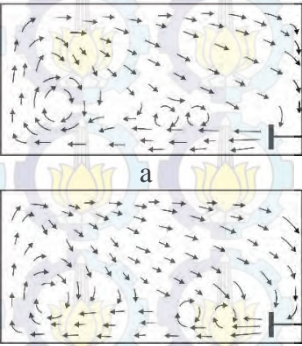
Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
One Macrovortex		
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
One Macrovortex	Pola alir ini terlihat aliran keluar impeller dan	Pola alir pada daun 4 : Terjadi sebanyak 6 kali

	menabrak dinding tangki. Kemudian terjadi pusaran tepat di tepi tangki di depan impeller.	dengan <i>average life time</i> 3 detik Pola alir pada daun 6 : Terjadi sebanyak 6 kali dengan <i>average life time</i> 2 detik
--	---	---

A.1.2 Diameter Impeller 4 cm

Tabel IV.3 Pengamatan daerah vertikal (dari samping tangki) diameter impeller 4 cm

Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
Quick return dengan mikrovortex	<div><p>a</p><p>b</p></div>	<div></div>

<p>Makrovortex di kiri bawah dengan mikrovortex</p>		 <p>a</p> <p>b</p>
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
<p>Quick return dengan mikrovortex</p>	<p>Pola alir ini memiliki kesamaan pada daerah <i>quick return</i> dimana aliran setelah menabrak dinding tangki langsung kembali menuju arus <i>discharge</i>, selain itu juga terdapat mikrovortex pada arus keluaran impeller.</p>	<p>Pada daun 4 : a) terjadi sekali 1-2 detik b) terjadi sekali</p> <p>Pada daun 6 : Terjadi sekali selama 35 detik</p>
<p>Makrovortex di kiri bawah dengan mikrovortex</p>	<p>Kesamaan pada aliran ini yakni letak makrovortex yang berada pada ujung kiri bawah tangki dengan</p>	<p>Pada daun 4 : Terjadi 7 kali dengan waktu sekitar 7-8 detik</p>

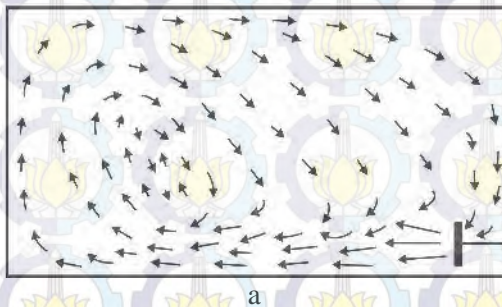
	mikrovortex pada aliran <i>discharge</i> impeller.	Pada daun 6 : a) terjadi sekali sekitar 8 detik b) terjadi sekali sekitar 25 detik
--	--	--

Pada diameter 4 cm baik daun 4 maupun 6 tidak ditemukan pola alir dengan tipe sebelumnya yakni one loop circulation model. Aliran yang terjadi umumnya memiliki makro dan mikrovortex yang cukup banyak.

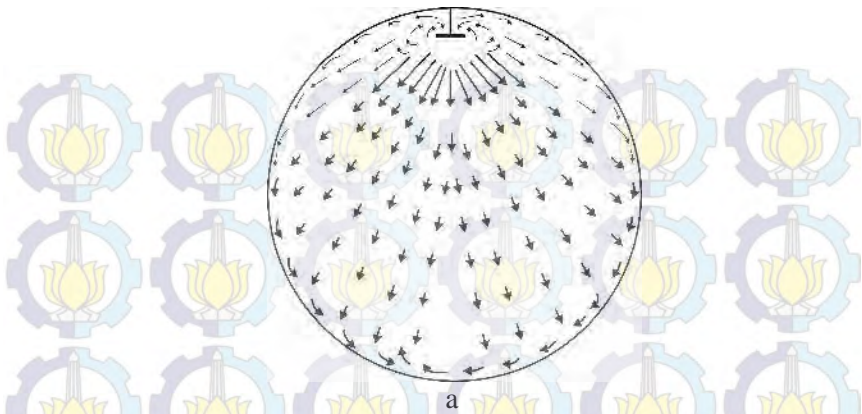
A.2 Pola Alir yang Berbeda

Penggolongan pola alir yang berbeda ditentukan dari kejadian sirkulasi dan daerah terjadi vortex (pusaran air). Ketika lintasan sirkulasi dan letak vortex antara pola alir memiliki karakteristik yang berbeda, maka pola alir digolongkan berbeda.

A.2.1 Impeller Diameter 3 cm



Gambar IV.1 Hasil visualisasi pola alir 4 Pitch Blade Turbine 3 cm pada 400 rpm

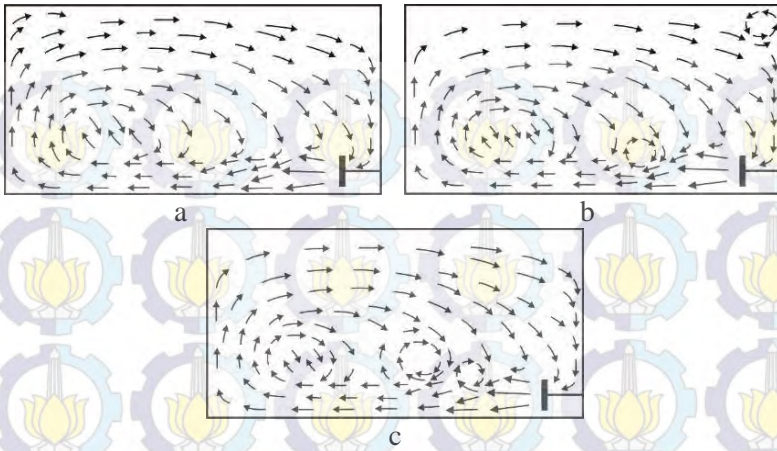


Gambar IV.2 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 *Pitched Blade Turbine* pada 400 rpm

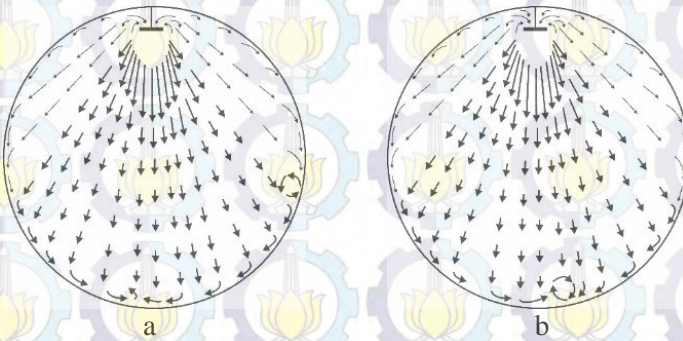
Tabel IV.4 Keterangan Gambar Pola alir 4 *Pitched Blade Turbine* 3 cm pada 400 rpm

Nomor Gambar	Keterangan
a	Pola alir (a) aliran bergerak axial menuju dinding tangki. Setelah menabrak dinding ada yang kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller. Terjadi <i>dead zone</i> (<i>tracer</i> tidak ikut tersirkulasi) di bagian kiri tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 27 detik.

Gambar IV.2 (a) pola alir ini merupakan pola alir umum, paling sering terjadi. Aliran menyebar dan menabrak dinding tangki, kemudian berbelok.



Gambar IV.3 Hasil visualisasi pola alir 6 *Pitched Blade Turbine* 3 cm pada 400 rpm



Gambar IV.4 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 *Pitched Blade Turbine* 3 cm pada 400 rpm

Tabel IV.5 Keterangan Gambar Pola alir 6 *Pitched Blade Turbine* 3 cm pada 400 rpm

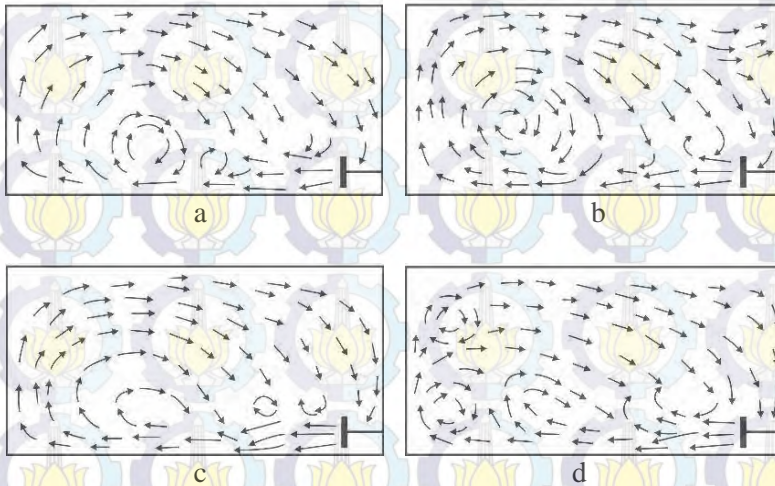
Nomor Gambar	Keterangan
a	Pola alir (a) aliran bergerak axial menuju dinding tangki dengan kecepatan lebih cepat dari impeller 4 <i>blade</i> . Setelah menabrak dinding sebagian aliran ada yang kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller. Terdapat daerah <i>dead zone</i> (<i>tracer</i> tidak ikut tersirkulasi) di bagian kiri tangki. Pola alir ini merupakan pola alir umum, yang sering terjadi pada kecepatan putar ini.
b	Pola alir (b) terjadi fenomena pusaran tempat terjadinya lebih jauh di depan impeller daripada impeller pola alir (b). Setelah menabrak dinding kiri tangki, terdapat pusaran pada bagian kanan atas tangki, kemudian <i>tracer</i> kembali ke impeller, dan ada yang menuju pusaran didepan impeller. Ada daerah <i>dead zone</i> (<i>tracer</i> tidak ikut tersirkulasi) di bagian kiri tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 20 detik.
c	Pola alir (c) terjadi 2 pusaran di depan impeller, pada aliran <i>discharge flow</i> . Pusaran ini mengakibatkan sebagian <i>tracer</i> ada yang langsung tersirkulasi tidak mengikuti aliran menuju dinding tangki. Setelah menabrak dinding kiri tangki, kemudian kembali ke impeller, dan ada yang menuju pusaran didepan impeller. Ada daerah <i>dead zone</i> (<i>tracer</i> tidak ikut tersirkulasi) di tengah tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 13 detik.

Gambar IV.4 (a) Pola alir ini ialah pola aliran dominan. Pada pola alir ini terlihat aliran tidak terlalu menyebar dan kecepatan aliran keluar impeller lebih cepat. Aliran membelok ke kiri dan ke kanan kemudian menabrak dinding tangki. Terjadi pusaran setelah aliran

menabrak dinding bagian kanan. Aliran axial pada bawah impeller lebih dominan.

Gambar IV.4 (b) pola alir ini terlihat aliran tidak terlalu menyebar. Aliran membelok ke kiri dan ke kanan kemudian menabrak dinding tangki. Terjadi pusaran setelah aliran yang mengarah lurus dari impeller bertemu dengan aliran yang menabrak dinding bagian kanan. Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan *average life time* 3 detik.

A.2.2 Impeller Diameter 4 cm






Gambar IV.5 Hasil visualisasi pola alir 4 pitch blade turbine pada 400 rpm



Gambar IV.6 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 *pitch blade* turbine pada 400 rpm

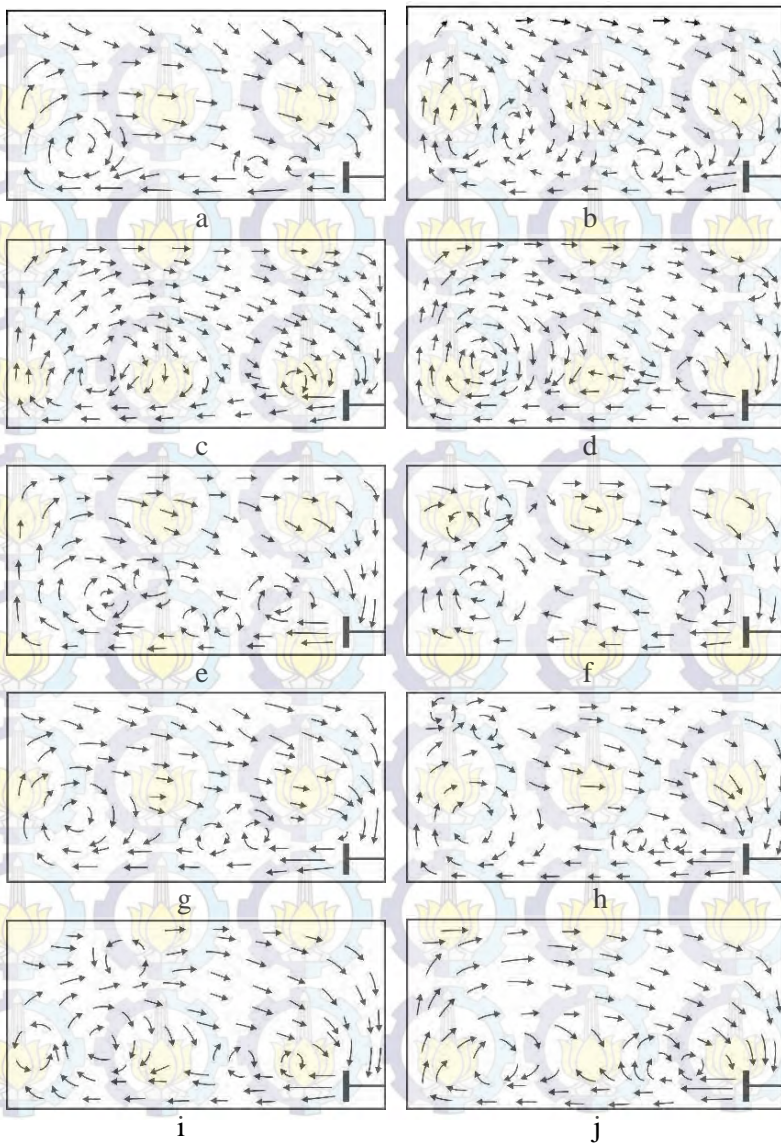
Tabel IV.5 Keterangan gambar pola alir 4 *pitch blade* turbine 4 cmpada 400 rpm

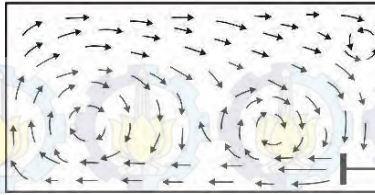
Nomor Gambar	Keterangan
a	Pola alir ini merupakan pola alir umum yang terjadi, <i>discharge flow</i> pada impeller menyebar ke atas dan ke bawah. Terdapat dua pusaran dibagian tengah tangki, pusaran kecil dan pusaran yang besar, ditengah pusaran besar terjadi <i>dead zone</i> dimana partikel hanya berputar putar pada pusaran dan tidak menyebar ke area lain. Aliran lainnya langsung

	berputar setelah menabrak tangki dan kembali ke impeller
 b	Pola alir (b) terdapat pula pusaran yang cukup besar setelah melewati separuh lebar tangki, dan setelah aliran <i>discharge flow</i> terdapat pusaran kecil yang membuat <i>quick return flow</i> aliran ini terjadi 2 kali selama 8 detik dan 1 detik
 c	Pola alir (c) hampir sama dengan pola alir (b) hanya saja pusaran yang terjadi tidak menimbulkan rotasi partikel yang stagnan dipusat pusaran, pusaran yang terjadi membuat partikel kembali menuju arus <i>discharge</i> dari impeller yang membuatnya sebagian kembali berputar ke pusaran dan sebagian memutar tangki. Aliran ini terjadi sebanyak 8 kali dengan waktu singkat 1-2 detik
 d	Pola alir (d) setelah <i>discharge</i> terdapat dua aliran <i>quick return flow</i> yang langsung kembali menuju impeller pada bagian tengah tangki terdapat aliran balik yang besar akibat bertabrakan dengan pusaran pada ujung bawah dan atas tangki dua pusaran ini memenuhi bagian dinding tangki. Aliran ini terjadi dua kali dengan waktu 1-2 detik.

Gambar IV.6 (a) menggambarkan aliran yang menyebar dari *discharge flow* sehingga arus aliran menabrak sekeliling tangki dan pada bagian belakang impeller terdapat aliran arus kecil yang membentuk pusaran sangat kecil. Aliran *discharge* depan impeller lebih cepat daripada arus aliran yang lain. Gambar (a) merupakan pola alir umum untuk variabel ini

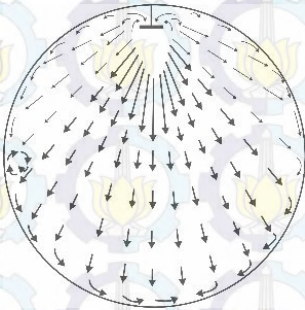
Gambar IV.6 (b) dan (c) membentuk pola alir yang sama dengan pola alir (a) pola alir menyebar dan menabrak sekeliling tangki begitu pula bagian belakang impeller terdapat arus lamban dan membentuk pusaran kecil, hanya pada aliran ini terdapat pusaran setelah menabrak dinding di depan impeller. Gambar (b) terjadi 7 kali dengan *average lifetime* 3 detik



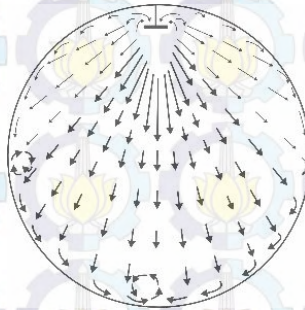


k

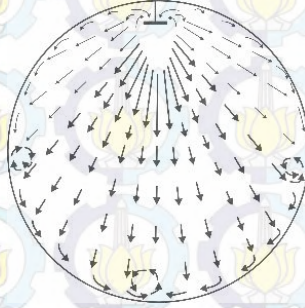
Gambar IV.7 Hasil visualisasi pola alir 6 pitch blade turbine 4 cm pada 400 rpm



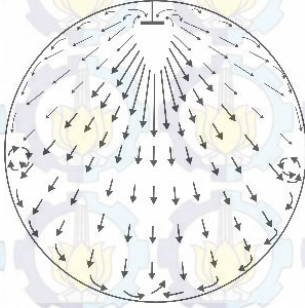
a



b



c








d

Gambar IV.8 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 pitch blade turbine 4 cm pada 400 rpm

Tabel IV.6 Keterangan gambar pola alir 6 *pitch blade turbine* 4 cm pada 400 rpm

Nomor gambar	Keterangan
a	Pola alir (a) memiliki satu pusaran yang cukup besar setelah aliran menabrak tangki aliran menimbulkan partikel berputar hanya pada pusaran aliran yang tidak mengikuti pusaran langsung memutar menuju impeller, pada <i>discharge</i> terdapat pusaran pusaran kecil aliran. Aliran ini merupakan aliran umum pada variabel ini
b	Pola alir (b) memiliki pusaran pusaran kecil setelah <i>discharge</i> selanjutnya terbentuk dua pusaran berbentuk elips sebelum menabrak dinding, pusaran yang terbentuk hampir setinggi tangki. Selanjutnya aliran kembali menuju impeller. Aliran ini terjadi sekali sekitar 8-9 detik.
c	Pola alir (c) memiliki sebuah pusaran disebelah kiri yang tidak terlalu besar namun membuat aliran disekitar membentuk aliran menanjak ketengah dan langsung menurun menuju impeller, dan terdapat pusaran kecil setelah discharge diatas impeller aliran ini terjadi sekali sekitar 10-11 detik.
d	Pola alir (d) membentuk pusaran besar disebelah kiri tangki saat menabrak dinding membuat partikel hanya berputar di pusat pusaran, pada aliran setelah <i>discharge</i> terjadi pusaran diatas impeller, pada aliran sebelum menuju ke impeller terdapat pusaran diatas. Aliran ini terjadi sekali sekitar 25 detik.

	<p>Pola alir (e) memiliki pusaran cukup banyak setelah <i>discharge flow</i>, terbentuk beberapa pusaran di daerah bawah tangki sehingga partikel bergerak hanya disekitar pusaran. Selanjutnya aliran yang lebih dari setengah ketinggian liquid melaju menuju impeller tanpa terjadi pusaran. Aliran ini terjadi selama empat kali dengan waktu sekitar 50 detik.</p>
	<p>Pola alir (f) menghasilkan pusaran pada <i>discharge flow</i> diatas impeller, setelah itu aliran yang keluar dari impeller menuju dinding tangki dan membentuk pusaran yang cukup besar ssebelah kiri tangki yang mendekati dinding. Pada bagian terluar pusaran diatasnya terbentuk pusaran pusaran kecil lagi sebanyak dua pusaran. Kejadian ini terjadi dua kali selama 2-3 detik.</p>
	<p>Pola alir (g) hampir sama dengan pola alir umum hanya saja pusaran yang dihasilkan lebih besar daripada pusaran sebelumnya, selain itu aliran (g) memiliki pola yang lebih teratur dan bagian permukaan liquid tidak turun seperti pada pola alir umum. Pola alir ini terjadi lima kali dengan waktu rata rata 5 detik dan salah satunya hampir 1 menit.</p>
	<p>Pola alir (h) memilki pola yang hampir sama dengan pola alir (g) terdapat pusaran pusaran kecil setelah <i>discharge</i> dan pusaran yang besar di sebelah tangki sebelum menabrak dinding yang membedakan yakni letak pusaran pusaran kecil diatas pusaran besar dan bentuk pusaran besar yang lebih bulat. Aliran ini terjadi sekali dengan waktu sekitar 10 detik.</p>
	<p>Pola alir (i) setelah <i>discharge</i> membentuk pusaran pusaran kecil kemudian membentuk pusaran lebih besar lagi sebelum menabrak dinding terjadi lagi pusaran kecil dan aliran keatas yang menuju impeller juga membentuk pusaran aliran ini terjadi dua kali dengan waktu sekitar 8 detik.</p>

j	Pada pola alir (j) terdapat dua buah pusaran di ujung kiri sebelum menabrak dinding dan sesaat setelah <i>discharge</i> dengan pusaran setelah <i>discharge</i> menimbulkan <i>quick return flow</i> , diantara kedua pusaran terjadi daerah stagnan dimana partikel hanya bergerak naik turun dan sesekali mengikuti arus pusaran. Aliran ini muncul dua kali sekitar 1 menit.
k	Pola aliran (k) terbagi menjadi dua daerah, daerah pertama yakni pusaran setelah <i>discharge</i> dengan diameter yang lebih kecil dari pusaran daerah kedua. Pusaran daerah kedua lebih besar dan hampir memenuhi setengah tangki, pada dinding ujung kanan atas terjadi pula pusaran kecil sebelum aliran kembali ke impeller.

Gambar IV.8 (a) pola alir yang terjadi hampir sama dengan pola alir dari atas lain dimana *discharge* dari impeller menyebar dan menabrak sekeliling tangki. Untuk aliran dari impeller daun enam penyebaran tidak terlalu luas sudut keluaran lebih kecil daripada impeller daun enam. Pada aliran ini terjadi pusaran yang kecil di bagian kiri tangki. Pola alir ini merupakan pola alir umum dari variabel ini.

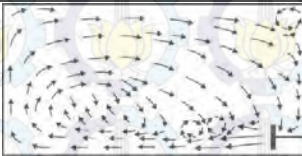
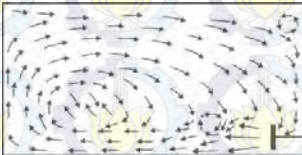
Gambar IV.8 (b), (c), dan (d) hampir memiliki pola yang sama dimana pola aliran menyebar sekeliling tangki dengan sudut penyebaran lebih kecil hanya letak pusaran yang membedakan dari aliran aliran yang terjadi. Gambar (b) memiliki dua pusaran di sebelah kiri dan depan tangki, dengan intensitas kemunculan 10 kali selama 2-3 detik. Gambar (c) memiliki dua pusaran kanan dan kiri, waktu kemunculan rata-rata 2 detik dengan intensitas 12 kali. Dan gambar (d) terjadi 9 kali dengan waktu rata rata 3 detik.

B. Kecepatan Putar 500 rpm

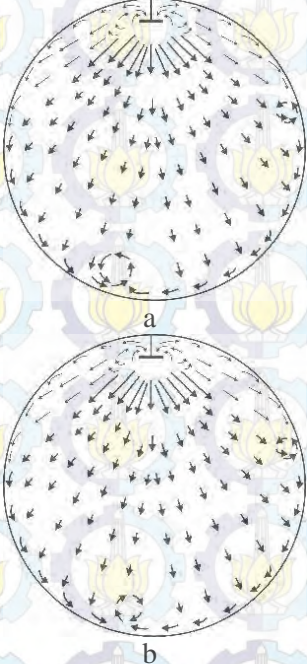
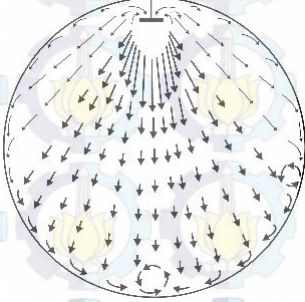
B.1 Pola alir yang sama

B.1.1 Diameter Impeller 3 cm

Tabel IV.7 Pengamatan daerah vertikal (dari samping tangki)
diameter impeller 3 cm

Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
Makrovortex dengan mikrovortex pada discharge		
		
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
Makrovortex dengan mikrovortex pada discharge	Pola alir ini memiliki kesamaan pada daerah makrovortex setelah menabrak dinding tangki. Makrovortex berbentuk elips dan memiliki stagnan zone pada daerah tengah pusaran. Aliran <i>discharge</i> menghasilkan mikrovortex hingga menabrak aliran makrovortex.	Pada daun 4 : a) terjadi 2 kali sekitar 6 detik b) terjadi sekali selama 10 detik Pada daun 6 : a) terjadi 2 kali rata-rata 17 detik b) terjadi 4 kali rata-rata 9 detik

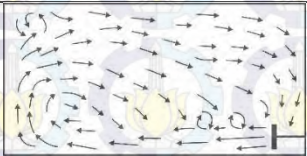
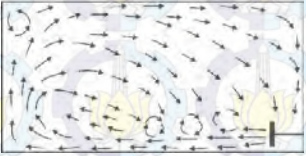

Tabel IV.8 Pengamatan daerah horizontal (dari atas tangki)
diameter impeller 3 cm

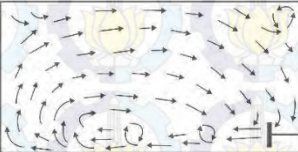
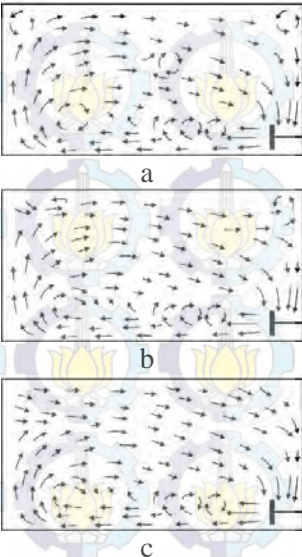
Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
One Macrovortex		
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
One Macrovortex	Hal yang sama pada pola alir ini yakni terletak pada makrovortex di depan impeller saat menabrak dinding, makrovortex ini ukurannya tidak besar hanya lebih sedikit dari diameter impeller.	Pada daun 4 : a) terjadi 11 kali <i>life time</i> rata-rata 3 detik. b) terjadi 2 kali <i>life time</i> rata-rata 2 detik Pada daun 6 : Terjadi sebanyak 4 kali dengan <i>average life time</i> 9 detik

	Selanjutnya terdapat satu mikrovortex pada daerah kanan tangki.	
--	---	--

B.1.2 Diameter Impeller 4 cm

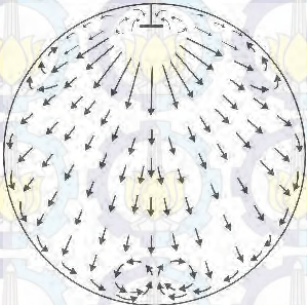
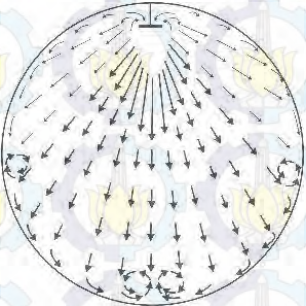
Tabel IV.9 Pengamatan daerah vertikal (dari samping tangki) diameter impeller 4 cm

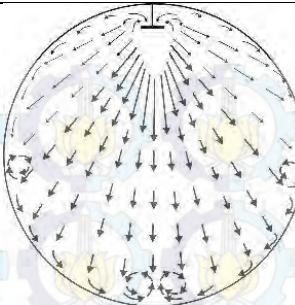
Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
<i>Quick return</i> dengan mikrovortex	 a	
	 b	

<p><i>One circulation loop</i> dengan mikrovortex</p>		 <p>a</p> <p>b</p> <p>c</p>
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
<p><i>Quick return</i> dengan mikrovortex</p>	<p>Seperti pada pola alir sebelumnya pola aliran ini memiliki arus balik setelah menabrak tangki menuju aliran <i>discharge</i>. Dan terjadi beberapa mikrovortex pada <i>discharge</i> impeller</p>	<p>Pada daun 4 :</p> <p>a) terjadi 2 kali 12 detik dan 2 detik</p> <p>b) terjadi sekali selama 13 detik</p> <p>Pada daun 6 :</p> <p>Aliran ini merupakan aliran umum dari impeller</p>

<p>One circulation loop dengan mikrovortex</p>	<p>Berbeda dengan one circulation loop sebelumnya aliran ini memiliki arus balik yang lebih rendah, setelah menabrak tangki aliran langsung kembali menuju impeller tanpa bergerak keatas. Selain itu terjadi mikrovortex pada aliran discharge tangki dengan jumlah 2 sampai 3 pusaran.</p>	<p>Pada daun 4 : Terjadi 6 kali sekitar 4-5 detik.</p> <p>Pada daun 6 : a) terjadi 9 kali sekitar 3-4 detik b) terjadi 5 kali sekitar 4-6 detik c) terjadi 2 kali sekitar 10 detik</p>
--	--	--

Tabel IV.10 Pengamatan daerah horizontal (dari atas tangki) diameter impeller 4 cm

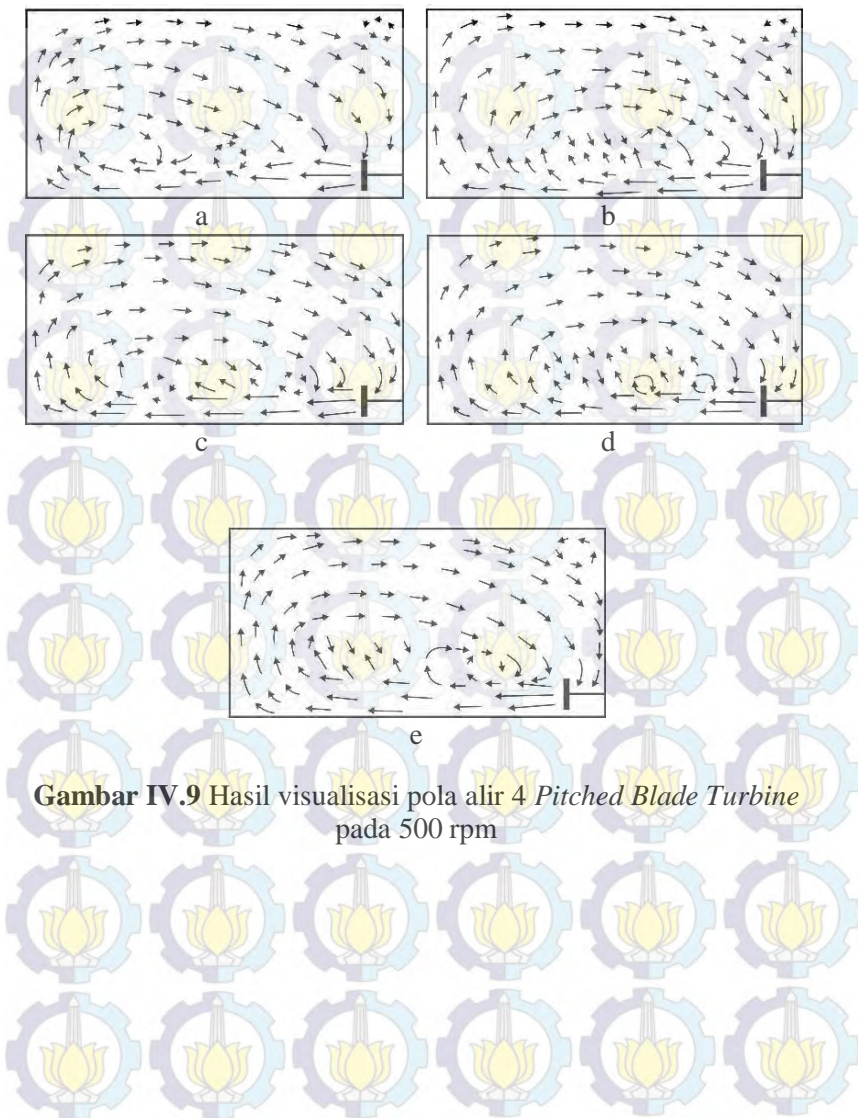
Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
Two Macrovortex		

		 <p style="text-align: center;">b</p>
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
<p style="text-align: center;"><i>Two macrovortex</i></p>	<p>Pada pola alir pengelompokan berdasarkan letak dua makrovortex pada dinding depan impeller. Hanya saja terdapat mikrovortex pada impeller berdaun 6 sedangkan impeller berdaun 4 tidak ada</p>	<p>Padadaun 4 : Pola alir ini merupakan pola alir umum pada rpm 500</p> <p>Pada daun 6 : a) terjadi 2 kali sekitar 3 detik. b) terjadi 10 kali sekitar 2-3 detik.</p>

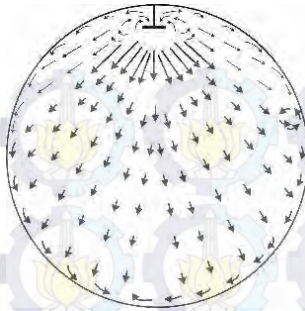
B.2 Pola alir yang berbeda

B.2.1 Diameter Impeller 3 cm

Meskipun memiliki pola alir yang berbeda, pola alir setiap blade diameter 3 cm pada kecepatan 500 rpm memiliki pola yang hampir sama. Pada daun 3 pola alir lebih mengarah ke *one circulation loop* dengan *dead zone* berbentuk elips pada daerah tengah sirkulasi. Sedangkan untuk daun 6 pola alir lebih mengarah ke 1 makrovortex di bagian kiri tangki dengan beberapa mikrovortex pada aliran *discharge*. Perubahan pola alir yang terjadi tidak memiliki perbedaan jauh dibandingkan dengan impeller diameter 4 cm.






Gambar IV.9 Hasil visualisasi pola alir 4 *Pitched Blade Turbine* pada 500 rpm



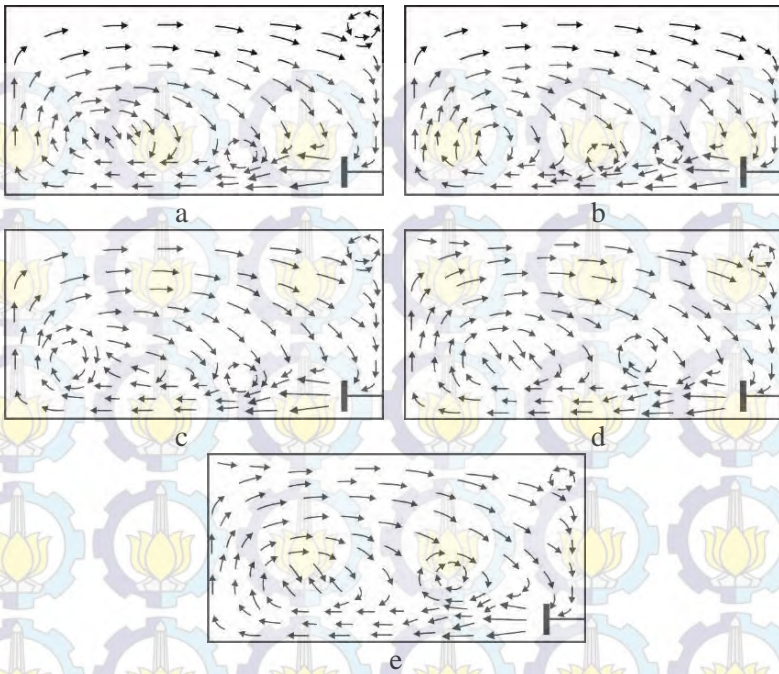
Gambar IV.10 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 *Pitched Blade Turbine* 3 cm pada 500 rpm

Tabel IV.11 Keterangan Gambar Pola alir 4 *Pitched Blade Turbine* 3 cm pada 500 rpm

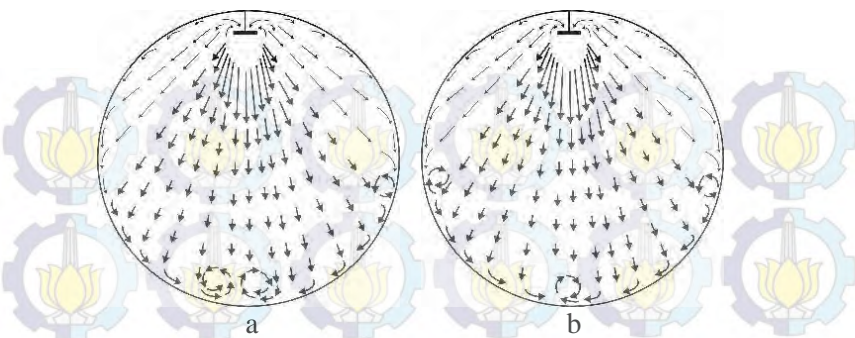
Nomor Gambar	Keterangan
a	Pola alir (a) terjadi fenomena pusaran pada aliran keluar impeller tepat di tengah aliran. Setelah menabrak dinding kiri tangki terjadi pusaran pada bagian kanan atas tangki, kemudian kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller. Ada daerah <i>dead zone</i> (<i>tracer</i> tidak ikut tersirkulasi) di bagian kiri tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 8 detik.
b	Pola alir (b) aliran bergerak axial menuju dinding tangki. Setelah menabrak dinding ada yang kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller. Aliran sirkulasi lebih cepat terjadi dengan lintasan yang lebih kecil. Terjadi <i>dead zone</i> (<i>tracer</i> tidak ikut tersirkulasi) di bagian tengah tangki dengan luas yang cukup kecil. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 30 detik.

 <p>c</p>	<p>Pola alir (c) terjadi 2 pusaran pada discharge flow, 1 pusaran terjadi tepat di depan impeller, dan 1 lainnya tepat sebelum menabrak dinding tangki. Setelah menabrak dinding sebagian tracer langsung kembali tersirkulasi menuju aliran didepan impeller dan sebagian lagi menuju impeller. Terjadi <i>dead zone</i> (tracer tidak ikut tersirkulasi) di bagian tengah tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 10 detik.</p>
 <p>d</p>	<p>Pola alir (d) terjadi 2 pusaran pada aliran keluar impeller. Setelah menabrak dinding kiri tangki, kemudian kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller. Ada daerah <i>dead zone</i> (tracer tidak ikut tersirkulasi) di bagian tengah tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan <i>average life time</i> 18 detik.</p>
 <p>e</p>	<p>Pola alir (e) terdapat 2 macam aliran dimana aliran pertama bergerak menuju dinding tangki, kemudian bergerak ke atas, dan terjadi pusaran pada bagian kanan atas tangki. Kemudian kembali lagi menuju impeller. Aliran kedua bergerak ke atas impeller membentuk pusaran lalu kembali lagi menuju aliran tepat di depan impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 9 detik.</p>

Gambar IV.10 pola alir ini merupakan pola alir umum, paling sering terjadi. Aliran menyebar dan menabrak dinding tangki, kemudian berbelok. Terjadi pusaran setelah aliran menabrak dinding kanan tangki.



Gambar IV.11 Hasil visualisasi pola alir 6 Pitched Blade Turbine
3 cm pada 500 rpm



Gambar IV.12Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 Pitched Blade Turbine pada 500 rpm

Tabel IV.12 Keterangan Gambar Pola alir 6 Pitched Blade Turbine 3 cm pada 500 rpm

Nomor Gambar	Keterangan
a	Pola alir (a) aliran bergerak axial menuju dinding tangki. Ada 1 pusaran yang terjadi lebih jauh. Setelah menabrak dinding ada yang kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller. Terjadi <i>dead zone</i> (tracer tidak ikut tersirkulasi) di bagian kiri tangki. Pola alir ini merupakan pola alir umum, paling sering terjadi pada kecepatan ini.
b	Pola alir (b) terjadi 2 pusaran di depan impeller, pada aliran <i>discharge flow</i> . Aliran keluaran impeller bergerak lurus, setelah menabrak tangki terdapat 2 macam aliran. Aliran Pertama keatas lalu langsung turun menuju aliran keluaran impeller. Aliran kedua bergerak menabrak dinding tangki lalu terjadi pusaran tepat di bagian kanan atas tangki dan turun ke impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 27 detik.
c	Pola alir (c) pada aliran keluar impeller terdapat 1 buah pusaran aliran. Aliran yang bergerak lurus dari

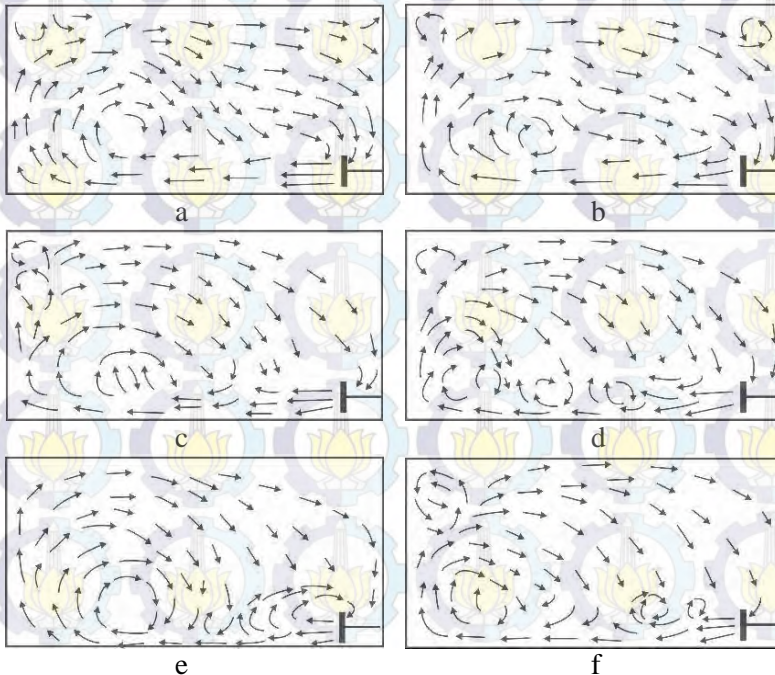
	<p>impeller menabrak dinding tangki. Setelah menabrak dinding terdapat aliran yang langsung turun dan tersirkulasi kembali. Sedangkan sebagian yang lain bergerak ke atas, lalu menabrak dinding tangki bagian kanan atas dan terjadi pusaran lalu kembali menuju impeller kembali. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 7 detik.</p>
d	<p>Pola alir (d) terjadi <i>pumping up</i> dan <i>pumping down</i>, pada <i>pumping up</i> terdapat pusaran air. Aliran <i>pumping down</i> akan bergerak lurus menuju dinding tangki kemudian terjadi 2 aliran. Aliran pertama bergerak ke atas kemudian menabrak dinding tangki bagian kanan atas dan terjadi pusaran. Aliran kedua bergerak ke atas kemudian bergerak horizontal dan turun menuju aliran keluaran impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan <i>average life time</i> 10 detik.</p>
e	<p>Pola alir (e) terdapat aliran <i>pumping up</i> terjadi pusaran air. Pada pola ini terdapat 2 macam aliran dimana aliran pertama bergerak menuju dinding tangki, kemudian bergerak ke atas, dan terjadi pusaran pada bagian kanan atas tangki. Kemudian kembali lagi menuju impeller. Aliran kedua bergerak ke atas impeller membentuk pusaran lalu kembali lagi menuju aliran tepat di depan impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 4 kali dengan <i>average life time</i> 19 detik.</p>

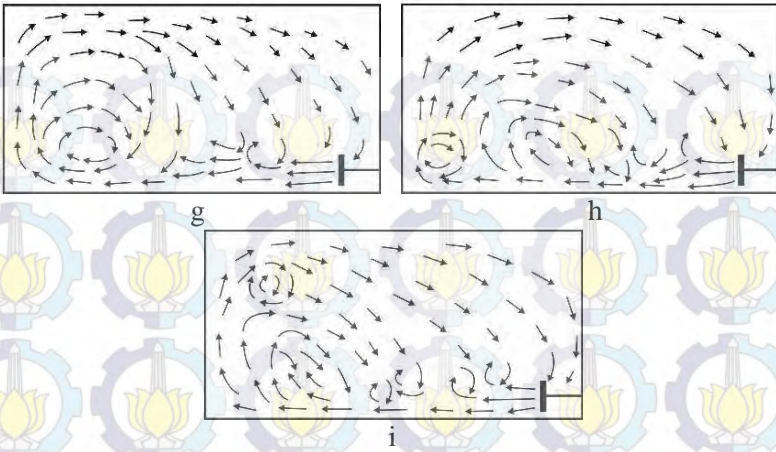
Gambar IV.12 (a) pola alir yang terjadi aliran keluar impeller bergerak lurus menuju ujung tangki depan impeller. Hanya sebagian yang bergerak menyebar, Kemudian terjadi pusaran setelah aliran yang bergerak ke kanan dan ke kiri menabrak dinding tangki. Pusaran juga terjadi pada ujung tangki depan impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 8 kali dengan *average life time* 3 detik.

Gambar IV.12 (c) pola alir ini merupakan pola alir umum, paling sering terjadi. Aliran menyebar dan menabrak dinding tangki, kemudian berbelok. Terjadi pusaran setelah aliran menabrak dinding kanan tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan *average life time* 1 detik.

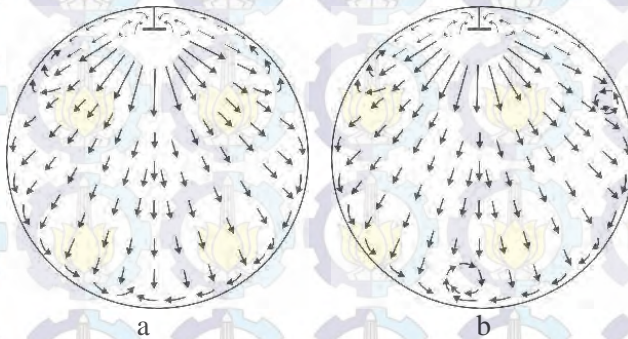
B.2.2 Diameter Impeller 4 cm

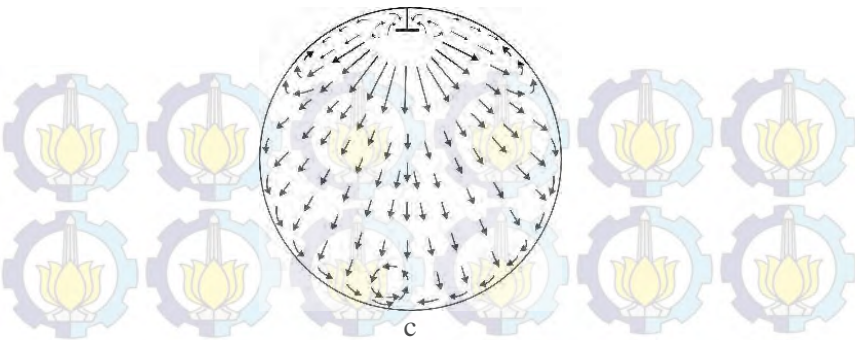
Pada impeller dengan diameter 4 cm memiliki pusaran lebih banyak dibandingkan impeller dengan diameter 3 cm. Pada daun 4 pola alir kebanyakan membentuk makrovortex pada daerah dinding sebelah kiri tangki. Sedangkan untuk daun 6 umumnya aliran membentuk mikrovortex pada daerah *discharge* dengan *circulation loop* yang rendah. Serta makrovortex yang tidak beraturan.





Gambar IV.13 Hasil visualisasi pola alir 4 pitch blade turbine pada 500 rpm





Gambar IV.14 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 *pitch blade turbine* pada 500 rpm

Tabel IV.13 Keterangan gambar pola alir 4 *pitch blade turbine* 4 cm pada 500 rpm

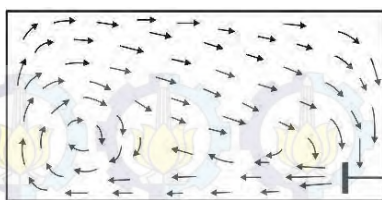
Nomor gambar	Keterangan
a	Pada aliran (a) terjadi dua daerah aliran pada tangki sisi sebelah kiri terjadi putaran besar dengan pusat pusaran berada sedikit di tengah. Sehingga pada daerah ini partikel tracer berputar putar pada pusat pusaran. Kemudian pada daerah sebelah kanan arus kembali menuju impeller bergerak begitu cepat. Aliran ini terjadi dua kali sekitar 10 detik.
b	Pola alir (b) terdapat satu pusaran namun tidak membuat partikel terjebak dalam pusaran, setelah aliran memutar arus bergerak ke dinding, setelah itu bergerak ke atas mengikuti putaran dan kembali menuju arus <i>discharge</i> depan impeller, terdapat dua pusaran di setiap ujung bagian atas kiri dan kanan. Aliran ini terjadi enam kali sekitar 8 detik.
c	Pada aliran (c) tidak terdapat pusaran sempurna hanya arus balik saja, setelah <i>discharge</i> arus bergerak menuju dinding, sebelum menabrak sebagian arus kembali menuju <i>discharge</i> di depan impeller, terdapat

	area stagnan di pusat arus putar dan sebagian aliran yang menabrak terus bergerak ke atas lalu memutar menuju belakang impeller. Pada ujung kiri atas terdapat pusaran tak sempurna yang kembali ke bawah. Aliran ini terjadi tiga kali dengan waktu singkat sekitar 2-3 detik.
d	Pola alir (d) setelah <i>discharge</i> membentuk pusaran pusaran kecil yang terus membesar dan terus bergerak menuju dinding setelah menabrak dinding aliran bergerak keatas secara parabolik menuju impeller dan pada ujung kiri atas terjadi pusaran kecil. Pola alir ini berlangsung selama 3 detik hanya sekali.
e	Pola alir (e) setelah <i>discharge</i> terdapat <i>quick return flow</i> ke bagian belakang tangki dan aliran <i>discharge</i> bawah impeller terus bergerak menuju dinding dan membentuk pusaran besar hampir separuh bagian tangki di area sebelah kiri. Aliran ini terjadi lima kali dengan kurun waktu singkat sekitar 3-4 detik.
f	Pada aliran (f) hampir sama dengan aliran <i>quick return</i> dengan mikrovortex setelah <i>discharge</i> terbentuk pusaran pusaran kecil yang bergerak menuju dinding yang kemudian terdapat pusaran tidak sempurna membentuk elips yang membedakan yaitu daerah pusaran di bagian kiri atas yang cukup besar dan di pusatnya terdapat daerah stagnan yang terjebak pusaran. Aliran ini terjadi dua kali dengan lama 2 dan 4 detik.
g	Pola alir (g) setelah <i>discharge</i> terjadi <i>quick return flow</i> yang kecil di atas impeller. Sedangkan aliran <i>discharge</i> bagian bawah impeller bergerak lurus menuju dinding sebelum menabrak dinding aliran membentuk pusaran tidak sempurna dengan pusat pusaran dibagian bawah, sebagian aliran yang tidak mengikuti pusaran bergerak ke atas dan bergerak

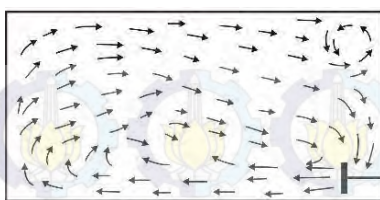
	menuju belakang impeller. Aliran ini terjadi 2 detik selama sekali.
h	Pola alir (h) setelah <i>discharge</i> bergerak lurus menuju dinding dan sebagian aliran bergerak membelok ke atas. Aliran yang bergerak lurus sebelum menabrak tangki terjadi aliran kembali menuju arus <i>discharge</i> di depan impeller. Aliran yang menabrak tangki membentuk pusaran kemudian bergerak ke atas dan langsung bergerak memutar menuju belakang impeller. Aliran ini terjadi sekali selama 10 detik.
i	Pada pola alir ini arus aliran setelah <i>discharge</i> membentuk pusaran pusaran kecil yang terus bergerak menuju dinding, setelah menabrak dinding aliran bergerak ke atas hingga setengah ketinggian langsung menukik dan kembali menuju arus <i>discharge</i> di pusat putaran balik terbentuk area stagnan dimana tracer naik turun saja tidak mengikuti aliran. Di atas aliran putar balik terbentuk pusaran kecil. Aliran ini terjadi sekali selama 5 detik

Gambar IV.14 (a) menggambarkan arus aliran dari atas impeller berdaun empat terlihat arus menyebar dengan sudut yang besar yang kemudian menabrak sekeliling tangki pada daerah sekitar impeller terdapat arus balik dan pusaran pusaran kecil yang terjadi cukup singkat. Pola alir ini terjadi 11 kali dengan waktu sekitar 2-3 detik

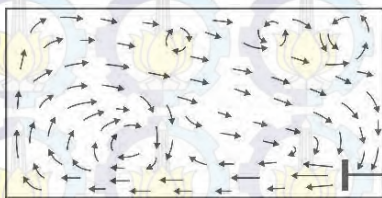
Gambar IV.14 (b) dan (c) memiliki karakteristik yang sama dengan pola alir gambar (a) hanya saja perbedaan terletak pada pusaran pusaran kecil setelah menabrak dinding tangki. Gambar (b) memiliki dua pusaran di kanan atas dan bawah kemunculan 13 kali dan waktu rata rata 2 detik. Gambar (c) memiliki dua pusaran di bawah, aliran terjadi 5 kali selama 2-3 detik.



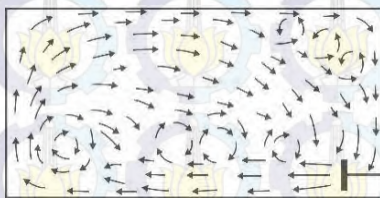
a



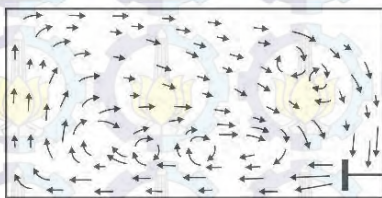
b



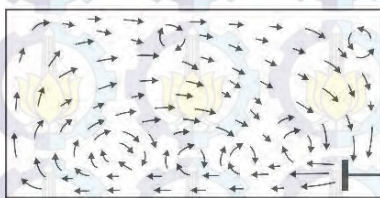
c



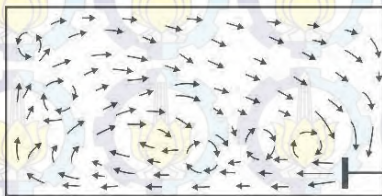
d



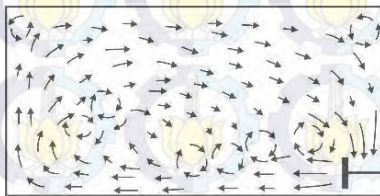
e



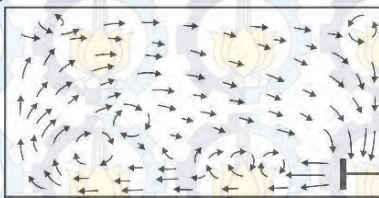
f



g

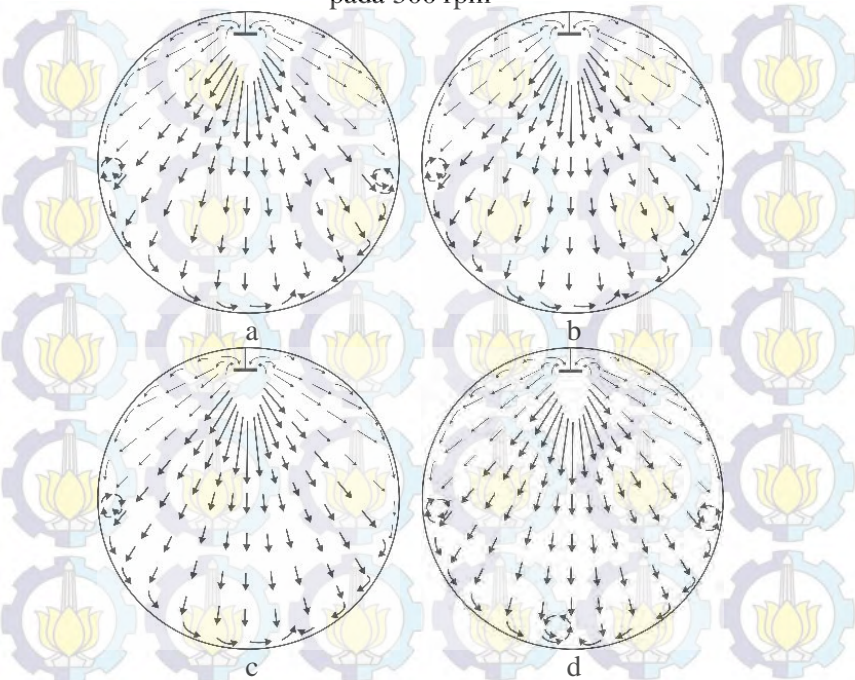


h




i

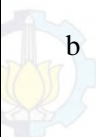




Gambar IV.15 Hasil visualisasi pola alir 6 *pitch blade turbine* pada 500 rpm






Gambar IV.16 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 *pitch blade turbine* pada 500 rpm

Tabel IV.14 Keterangan gambar pola alir 6 *pitch blade turbine* 4 cm 500 rpm

Nomor gambar	Keterangan
 a	Pada aliran (a) arus <i>discharge</i> langsung bergerak lurus menuju tangki setelah menabrak tangki kemudian terbentuk pusaran cukup besar aliran yang terus bergerak ke atas langsung mengalir memutar tangki menuju belakang impeller, pola alir ini terjadi sekali selama 18 detik di awal.

 <p>b</p>	<p>Pola alir (b) memiliki satu pusaran kecil pada bagian kanan atas, aliran keluar <i>discharge</i> bergerak lurus menuju dinding, dari dinding aliran yang menabrak bergerak naik ke tengah tangki kemudian turun menuju impeller. Aliran ini terjadi sekali selama 28 detik.</p>
 <p>c</p>	<p>Pola alir (c) aliran keluar <i>discharge</i> bergerak lurus menuju dinding tangki, setelah menabrak aliran membentuk pusaran yang cukup besar hampir setengah tinggi tangki dan sebagian bergerak ke atas dan memutar menuju impeller, pada bagian atas terjadi pusaran pusaran kecil yang berjalan menuju dinding belakang impeller kemudian bergerak turun menuju impeller. Aliran ini terjadi sekali hanya beberapa detik.</p>
 <p>d</p>	<p>Pada pola alir (d) terjadi pusaran pusaran kecil yang berjalan <i>trailing vortex</i> menuju dinding tangki, terdapat empat pusaran pada bagian bawah dan yang paling besar terletak pada samping dinding, kemudian aliran bergerak keatas dan mengitari tangki. Pada ujung kanan atas terjadi pusaran pusaran kecil yang berjalan pula. Aliran ini terjadi sekali sekitar 30 detik</p>
 <p>e</p>	<p>Pola alir (e) jumlah pusaran berkurang aliran ini terjadi setelah aliran (d), pusaran bagian bawah hanya terjadi dua kali namun aliran kembali sangat pendek sebelum mencapai ketinggian liquida, dan pada ujung kanan atas tetap terjadi pusaran kecil sebelum menuju impeller. Aliran ini terjadi dua kali selama beberapa detik.</p>
 <p>f</p>	<p>Pada pola alir (f) juga terjadi pusaran pusaran kecil setelah <i>discharge</i> yang berjalan menuju dinding, setelah menabrak dinding aliran mengitari tangki kemudian kembali menuju impeller, pada bagian atas tengah dan kanan atas terjadi pusaran kecil sebelum</p>

	kembali menuju impeller, aliran ini terjadi sekali selama beberapa detik.
 g	Pola alir (g) juga terjadi <i>trailing vortex</i> hingga tengah tangki kemudian bergerak menabrak tangki, setelah menabrak tangki terjadi percabangan aliran keatas dan aliran kembali menuju pusaran pusaran aliran keluar <i>discharge</i> . Pada bagian atas setelah menabrak dinding juga terjadi dua pusaran kemudian aliran mengitari tangki menuju impeller, aliran ini terjadi sekali selama beberapa detik.
 h	Pola alir (h) terjadi pusaran pusaran kecil yang berjalan menuju dinding tangki, setelah menabrak tangki aliran terpisah dua menuju impeller dan keatas mengitari tangki, aliran menuju impeller juga terjadi pusaran sebelum kembali ke impeller atau turun menuju pusaran setelah <i>discharge</i> . Pada ujung kiri dan kanan atas terdapat pula pusaran kecil, aliran ini terjadi dua kali 27 detik dan 3 detik.
 i	Pola alir (i) setelah aliran keluar <i>discharge</i> juga terjadi pusaran pusaran kecil menuju dinding, setelah menabrak aliran langsung kembali menuju impeller, saat aliran kembali terjadi pusaran pusaran yang cukup besar, pusaran kecil juga terjadi di kiri atas tangki. Aliran ini terjadi sekali dalam waktu beberapa detik.

Gambar IV.16 (a) memiliki pola alir yang hampir sama dengan kebanyakan aliran *6 blade turbine* yang memiliki pola alir yang persebarannya tidak terlalu lebar sudutnya dibandingkan dengan *4 blade turbine*. Dan aliran aliran yang kecil dimana partikel tidak terlalu banyak pada area sekitar impeller. Pada gambar (a) terjadi dua buah pusaran di bagian kanan dan kiri tangki. Pola alir ini merupakan pola alir umum pada variabel ini

Gambar IV.16 (b), (c), dan (d) memiliki pola alir yang sama dengan pola alir (a) perbedaan hanya terletak pada letak pusaran

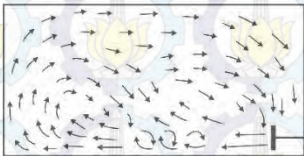
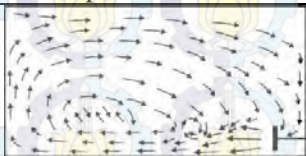
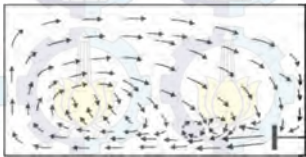
kecil saat menabrak dinding dan kerapatan partikel aliran saat keluar *discharge*. Pada gambar (b) terdapat dua pusaran di tepi kanan dan kiri aliran ini terjadi 18 kali dengan waktu sekitar 2 detik. Pada gambar (c) terdapat dua buah pusaran diujung dan satu di tepi kanan, aliran ini terjadi 7 kali dengan *average lifetime* 2 detik. Gambar (d) memiliki pusaran paling banyak dua di depan impeller dan dua di samping kanan dan kiri, aliran terjadi 7 kali selama kurang lebih 2 detik.

C. Kecepatan Putar 600 RPM

C.1 Pola alir yang sama

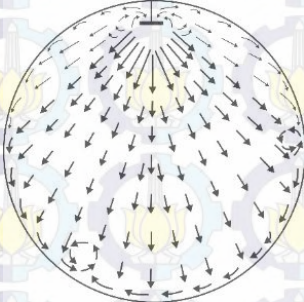
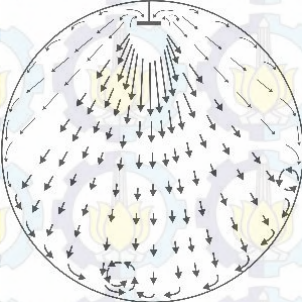
C.1.1 Diameter Impeller 3 cm

Tabel IV.15 Pengamatan daerah vertikal (dari samping tangki) diameter impeller 3 cm.

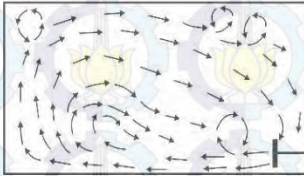
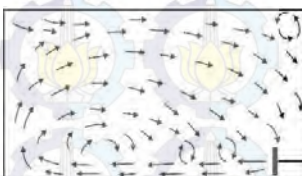
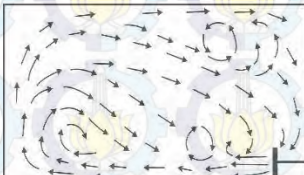
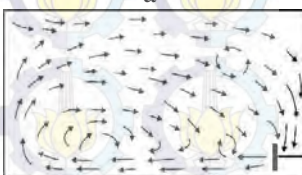
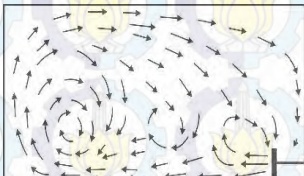
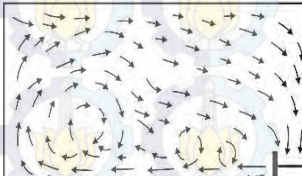
Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
<i>Quick return</i> dengan mikrovortex		 a
		 b
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
<i>Quick return</i> dengan mikrovortex	Seperti pada pola alir sebelumnya pola aliran ini memiliki arus balik setelah menabrak tangki menuju aliran <i>discharge</i> . Dan terjadi beberapa	Pada daun 4 : Terjadi 3 kali sekitar 12 detik Pada daun 6 : a) terjadi sekali sekitar


	mikrovortex pada <i>discharge</i> impeller	20 detik. b) terjadi 4 kali rata-rata 16 detik
--	--	---

Tabel IV.16 Pengamatan daerah horizontal (dari atas tangki) diameter impeller 3 cm

Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
<i>One Macrovortex</i>		
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
<i>One macrovortex</i>	Kesamaan pada pola alir ini terletak pada makrovortex kecil di bagian dinding depan sebelah kiri. Dan mikrovortex pada sisi kanan tangki.	Padadaun 4 : Terjadi 9 kali rata-rata 3 detik Pada daun 6 : Terjadi 6 kali rata-rata 3 detik

C.1.2 Diameter Impeller 4 cm

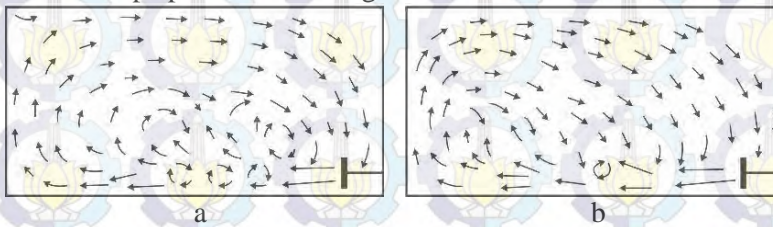
Pola Alir	Impeller Daun 4	Impeller Daun 6
<i>Circulation loop</i> dengan 2 makrovortex	 a	 a
	 b	 b
3 makrovortex		
Keterangan		
Pola Alir	Penjelasan	Intensitas dan <i>Life Time</i>
<i>Circulation loop</i> dengan 2 makrovortex	Terdapat sirkulasi aliran tepat setelah menabrak dinding tangki. Terjadi 2 makrovortex yang masing-masing terjadi di aliran discharge dan bagian kanan atas tangki.	<p>Pada daun 4 :</p> <p>a) terjadi 2 kali 3 detik</p> <p>b) terjadi 5 kali selama 2 detik</p> <p>Pada daun 6 :</p> <p>a) terjadi 1 kali 10 detik</p> <p>b) terjadi 1 kali selama 2 detik</p>

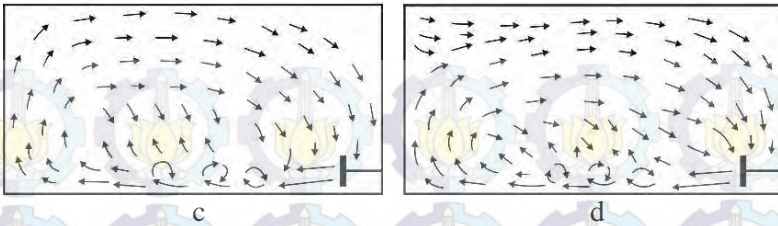
 <p>3 makrovortex</p>	<p>Berbeda dengan <i>one circulation loop</i> sebelumnya aliran ini memiliki arus balik yang lebih rendah, setelah menabrak tangki terjadi pusaran air tanpa bergerak keata. Selain itu terjadi akrovortex pada aliran <i>discharge</i> tangki dengan jumlah 2 sampai 3 pusaran.</p>	<p>Pada daun 4 : Terjadi 2 kali sekitar 2 detik.</p> <p>Pada daun 6 : Terjadi 4 kali 13 detik</p>
--	--	---

C.2 Pola alir yang berbeda

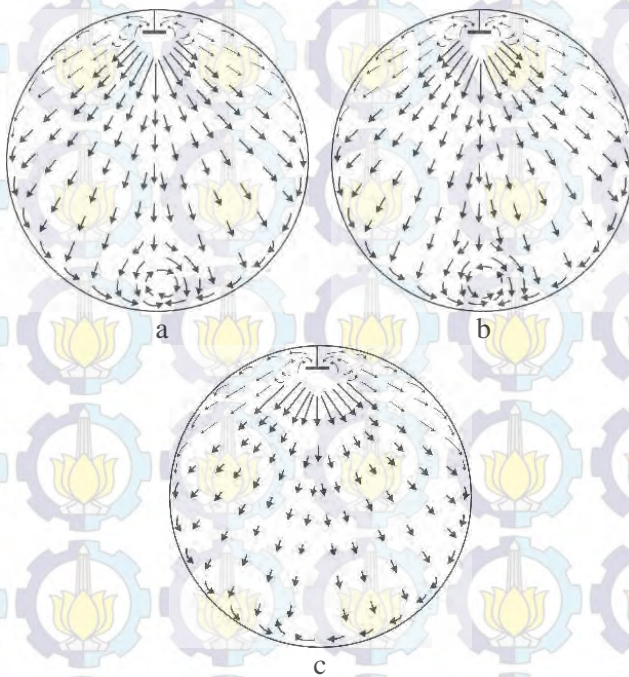
C.2.1 Diameter Impeller 3 cm

Pola alir yang dihasilkan dari kecepatan 600 rpm memiliki variasi yang lebih sedikit dibandingkan dengan kecepatan 500 rpm. Umumnya untuk impeller berdaun 4 diameter 3 cm memiliki pola *one loop circulation* yang tidak terlalu tinggi dengan mikrovortex pada aliran *discharge*. Sedangkan untuk impeller berdaun 6 diameter 3 cm memiliki pola makrovortex dibagian kiri tangki dan beberapa pusaran di berbagai titik.





Gambar IV.17 Hasil visualisasi pola alir 4 Pitched Blade Turbine pada 600 rpm



Gambar IV.18 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 Pitched Blade Turbine 3 cm pada 600 rpm

Tabel IV.17 Keterangan Gambar Pola alir 4 *Pitched Blade Turbine* 3 cm pada 600 rpm

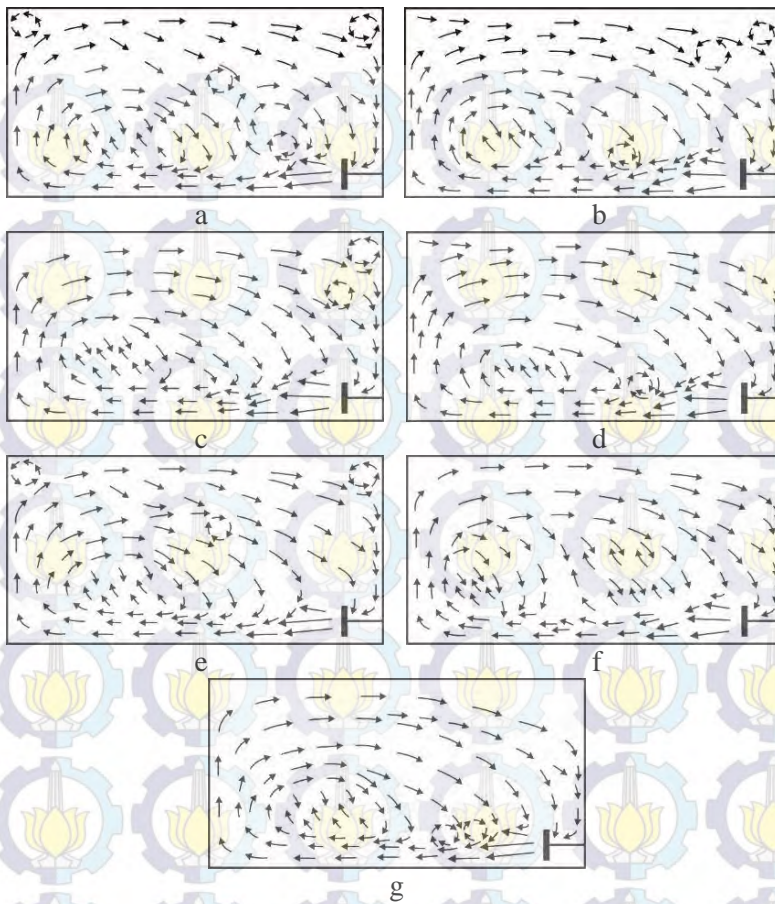
Nomor Gambar	Keterangan
a	Pola alir (a) terdapat 2 macam aliran yang terjadi. Aliran pertama terjadi banyak pusaran terjadi pada aliran <i>discharge flow</i> . Setelah menabrak dinding tangki, aliran menuju ke atas tangki, lalu ada yang kembali ke impeller, dan ada yang kembali ke aliran keluaran impeller. Aliran kedua tracer yang keluar dari impeller bersirkulasi kembali menuju aliran tepat di depan impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 10 detik.
b	Pola alir (b) terjadi pusaran tepat di tengah <i>discharge flow</i> , alirandischarge flow bergerak lurus menuju dinding tangki. Setelah menabrak dinding alirann ada yang langsung turun menuju aliran keluaran impeller, ada yang kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller. Terjadi <i>dead zone</i> (tracer tidak ikut tersirkulasi) di bagian kiri tangki.Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 10 detik.
c	Pola alir (c) terdapat daerah dead zone tepat di tengah tangki. Pada aliran keluaran impeller terjadi pusaran air, pusaran air ini terjadi karena tracer yang keluar impeller bertemu dengan tracer yang tersirkulasi. Setelah menabrak dinding ada yang kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller.Pola alir ini terjadi sebanyak 4 kali dengan <i>average life time</i> 21 detik.
d	Pola alir (c) hampir sama dengan pola alir (c), terdapat daerah <i>deadzone</i> tepat di tengah tangki. Pada aliran keluaran impeller terjadi pusaran air, pusaran

	<p>air ini terjadi karena tracer yang keluar impeller bertemu dengan tracer yang tersirkulasi. Pusaran air yang terjadi berjarak cukup jauh dari impeller melebihi pola alir (c). Setelah menabrak dinding ada yang kembali ke impeller, dan ada yang menuju aliran didepan impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 7 detik.</p>
e	<p>Pola alir (e) aliran keluaran impeller bergerak ke atas dan ke bawah tangki, dan bergerak axial menuju dinding tangki. Setelah menabrak dinding tangki, aliran menjadi 3 macam. Aliran pertama aliran bergerak ke atas langsung turun menuju aliran keluaran impeller. Aliran kedua aliran bergerak keatas, kemudian menabrak dinding kanan tangki, dan ke,mbali ke impeller. Aliran ketiga aliran yang langsung turun bergerak secara horizontal, lalu turun menuju aliran keluaran impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan <i>average life time</i> 12 detik.</p>

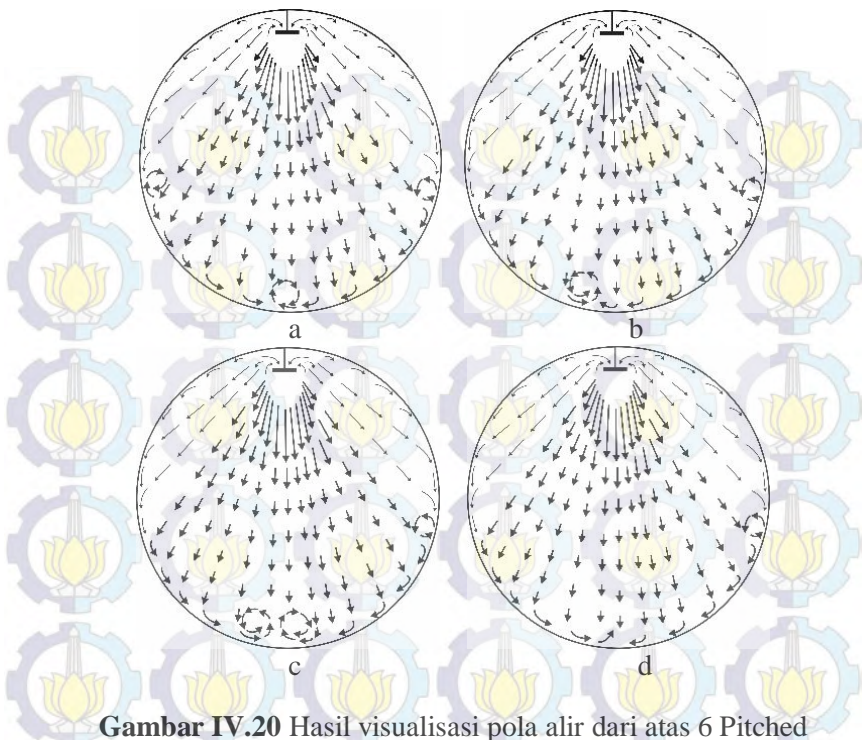
Gambar IV.18 (a) terjadi pusaran setelah aliran yang bergerak ke kanan menabrak dinding tangki. Pusaran juga terjadi setelah aliran yang mengarah lurus dari impeller, *tracer* yang menabrak pusaran ini terlihat ikut mengikuti arah pusaran (melebar). Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan *average life time* 2 detik.

Gambar IV.18 (b) terjadi pusaran setelah aliran yang bergerak ke kiri menabrak dinding tangki. Pusaran juga terjadi setelah aliran yang mengarah lurus dari impeller, *tracer* yang menabrak pusaran ini terlihat ikut mengikuti arah pusaran (melebar). Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan *average life time* 2 detik.

Gambar IV.18 (c) pola alir ini merupakan pola alir umum, paling sering terjadi. Aliran menyebar dan menabrak dinding tangki, kemudian berbelok. Terjadi pusaran setelah aliran menabrak dinding kanan tangki.




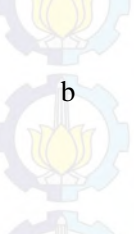



Gambar IV.19 Hasil visualisasi pola alir 6 Pitched Blade Turbine
3 cm pada 600 rpm



Gambar IV.20 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 Pitched Blade Turbine pada 600 rpm

Tabel IV.18 Keterangan Gambar Pola alir 6 *Pitched Blade* Turbine 3 cm pada 600 rpm

Nomor Gambar	Keterangan
a	Pola alir (a) aliran bergerak secara axial menuju dinding 65angka. Pola alir (a) terbagi menjadi 3 macam aliran. Aliran pertama pada aliran keluaran impeller bagian atas terjadi pusaran dan aliran langsung kembali tersirkulasi menuju tepat di depan impeller. Aliran kedua menuju dinding 65angka, lalu bergerak ke atas 65angka, terjadi pusaran tepat di kiri atas 65angka. Aliran bergerak menabrak dinding

	<p>kanan atas dan kembali ke impeller. Aliran ketiga setelah menabrak dinding kiri 66angka langsung turun menuju impeller. Pada pertemuan dengan aliran pertama terdapat pusaran air. Daerah <i>dead zone</i> terdapat pada bagian kiri 66angka. Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan <i>average life time</i> 25 detik.</p>
 <p>b</p>	<p>Pola alir (b) terdapat <i>dead zone</i> di bagian kiri 66angka, dan terjadi 1 pusaran air pada aliran keluaran impeller. Setelah aliran keluaran impeller menabrak dinding kiri 66angka, aliran bergerak ke atas. Kemudian bergerak menuju dinding 66angka bagian kanan, dan terjadi pusaran air pada bagian kanan atas 66angka. Aliran kembali menuju impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 4 kali dengan <i>average life time</i> 7 detik.</p>
 <p>c</p>	<p>Pola alir I tidak berbeda jauh dengan pola alir (b), namun tidak terjadi pusaran pada aliran keluaran impeller. Setelah menabrak dinding, aliran bergerak ke atas dan terjadi pusaran. Aliran ada yang kembali ke impeller, 66angka66 yang menuju aliran didepan impeller. Terjadi <i>dead zone</i> (<i>tracer</i> tidak ikut tersirkulasi) di bagian kiri 66angka. Pola alir ini terjadi sebanyak 4 kali dengan <i>average life time</i> 5 detik</p>
 <p>d</p>	<p>Pola alir (d) terlihat terdapat <i>dead zone</i> dengan luas yang kecil pada bagian kiri 66angka. Pada aliran keluaran impeller terdapat pusaran air dengan diameter kecil. Aliran keluaran impeller menabrak dinding kiri 66angka, lalu menuju ke atas 66angka. Setelah bergerak keatas aliran turun ada yang menuju aliran depan impeller dan menuju impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 20 detik.</p>
 <p>e</p>	<p>Pada pola alir ini aliran bergerak secara axial menuju dinding 66angka. Aliran keluaran impeller bergerak</p>

	<p>lurus, dan menabrak dinding kiri 67angka. Setelah menabrak dinding terjadi 2 macam aliran. Aliran pertama setelah aliran menabrak 67angka, aliran bergerak ke atas, menabrak dinding kanan 67angka dan terjadi pusaran. Aliran kedua setelah menabrak dinding kiri 67angka aliran bergerak horizontal dan terjadi pusaran air di tengah 67angka, kemudian aliran kembali menuju aliran di depan impeller. Terdapat daerah <i>dead zone</i> pada bagian kiri 67angka. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 4 detik.</p>
f	<p>Pola alir (f) aliran bergesek secara axial menuju dinding kiri 67angka. Pada pola ini aliran terbagi menjadi 3 macam aliran. Aliran pertama setelah menabrak dinding 67angka aliran langsung turun menuju aliran keluaran impeller. Aliran kedua aliran keluaran impeller bergerak ke atas tepat pada tngah 67angka dan langsung tersirkulasi kembali menuju aliran di depan impeller. Aliran ketiga setelah menabrak dinding kiri 67angka aliran menuju dinding kanan 67angka dan kembali ke impeller. Terjadi <i>dead zone</i> di bagian kiri dan kanan 67angka. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 10 detik.</p>
g	<p>Pola alir (g) terdapat 2 pusaran air tepat di depan impeller. Setelah menabrak dinding kiri 67angka aliran bergerak ke atas, sebagian ada yang kembali menuju aliran keluaran impeller, dan kembali menuju impeller. Terjadi daerah <i>dead zone</i> pada bagian kiri 67angka. Pola alir ini terjadi sebanyak 4 kali dengan <i>average life time</i> 16 detik.</p>

Gambar IV.20 (a) pola alir ini terlihat aliran tidak terlalu menyebar dan menabrak dinding tangki. Kecepatan aliran keluar (discharge flow impeller) lebih cepat Kemudian terjadi pusaran

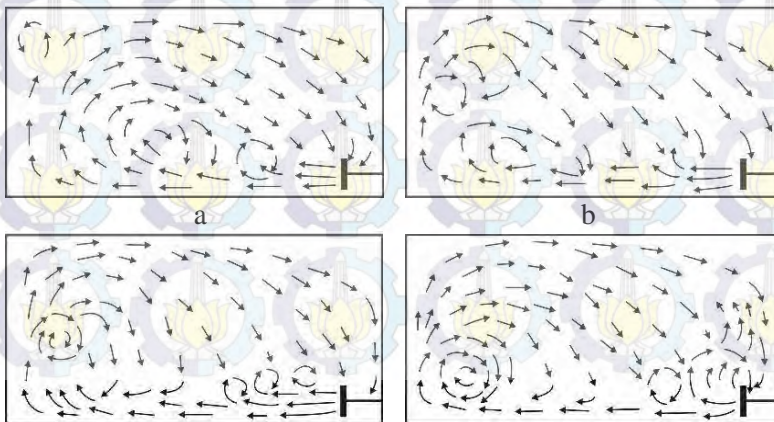
setelah aliran yang bergerak ke kanan dan ke kiri menabrak dinding tangki. Pusaran juga terjadi setelah aliran yang mengarah lurus dari impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 9 kali dengan *average life time* 2 detik.

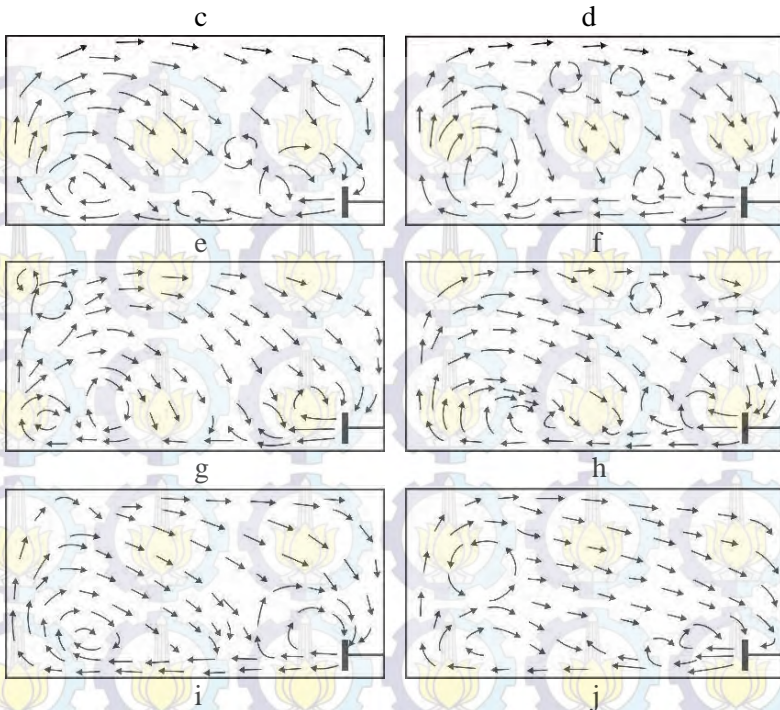
Gambar IV.20 (b) Aliran membelok ke kiri dan ke kanan kemudian menabrak dinding tangki. Terjadi pusaran setelah aliran yang mengarah lurus dari impeller bertemu dengan aliran yang menabrak dinding bagian kanan. Pola alir ini terjadi sebanyak 6 kali dengan *average life time* 2 detik.

Gambar IV.20 I Pada pola alir ini terlihat aliran tidak terlalu menyebar. Aliran membelok ke kiri dan ke kanan kemudian menabrak dinding tangki.. Pusaran terjadi setelah aliran menabrak dinding bagian kanan , dan kiri bertemu dengan aliran lurus dari impeller sehingga menyebabkan pusaran saling bertabrakan. Pola alir ini terjadi sebanyak 6 kali dengan *average life time* 1 detik.

Gambar IV.12 (d) Aliran membelok ke kiri dan ke kanan kemudian menabrak dinding tangki. Terjadi pusaran setelah aliran yang mengarah lurus dari impeller bertemu dengan aliran yang menabrak dinding bagian kiri. Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan *average life time* 2 detik.

C.2.2 Diameter Impeller 4 cm









Gambar IV.21 Hasil visualisasi pola alir 4 PBT 4 cm 600 rpm

Tabel IV.19 Keterangan gambar 4 *pitch blade turbine* 4 cm 600 rpm

No. Gambar	Keterangan
a	Pola alir (a) pada aliran keluaran impeller terdapat pusaran aliran tepat di depan impeller. Pada tengah aliran di dasar tangki sebagian aliran ada yang bergerak ke atas, kemudian tersirkulasi kembali menuju aliran di dasar tangki. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat 2 macam aliran. Aliran pertama bergerak ke atas, dan terjadi

	<p>pusaran air di bagian kiri atas. Kemudian sebagian besar aliran kembali menuju aliran di depan impeller. Aliran kedua terdapat sebagian aliran yang langsung turun serong kanan menuju aliran dasar tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 7 detik.</p>
 <p>b</p>	<p>Pola alir (b) pada aliran keluaran impeller bergerak lurus menuju dinding kiri tangki. Sebelum mencapai dinding kiri tangki, sebagian aliran ada yang langsung tersirkulasi menuju aliran di dasar impeller. Pada tengah aliran di dasar tangki sebagian aliran ada yang bergerak ke atas, kemudian tersirkulasi kembali menuju aliran di dasar tangki. Setelah aliran menabrak dinding kiri tangki, aliran bergerak ke atas, dan terjadi 2 pusaran. Pusaran ini terjadi sebelum aliran menabrak permukaan liquid, dan sesudahnya. Kemudian aliran langsung turun menuju aliran pada dasar tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 8 kali dengan <i>average life time</i> 1 detik.</p>
 <p>c</p>	<p>Pola alir (c) pada aliran keluaran impeller bergerak secara axial menuju dinding kiri tangki. Terjadi 3 pusaran yang terjadi pada aliran di dasar tangki. Setelah aliran menabrak dinding tangki, aliran bergerak ke atas, dan terjadi pusaran yang cukup lebar. Kemudian aliran sebagian kembali menuju aliran impeller, dan sebagian besar aliran ada yang langsung tersirkulasi menuju aliran di dasar impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 7 kali dengan <i>average life time</i> 3 detik.</p>
 <p>d</p>	<p>Pada pola alir ini aliran discharge bergerak lurus menuju dinding kiri tangki. Terdapat 2 macam pola alir. Aliran pertama aliran bergerak secara arah downward. Kemudian, pada bagian kiri</p>

	<p>bawah tangki terdapat pusaran yang cukup besar. Pusaran ini akibat dari pertemuan tracer yang telah menabrak dinding dan tracer pada aliran keluaran impeller. Kemudian aliran bergerak ke atas, kembali menuju impeller dan sebagian lain menuju aliran pada bawah tangki. Aliran kedua <i>discharge flow</i> yang mengarah ke atas langsung tersirkulasi, kembali menuju impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan <i>average life time</i> 2 detik.</p>
e	<p>Pola alir (e) aliran bergerak secara axial menuju dinding tangki. Pada aliran keluaran impeller <i>downward</i> dan <i>upward</i> terdapat 1 pusaran. Pada arah <i>upward</i> aliran langsung tersirkulasi kembali menuju impeller. Kemudian setelah menabrak dinding kiri tangki terjadi pusaran air yang cukup besar. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat 2 macam aliran. Aliran pertama bergerak ke atas, dan berbelok ke kanan menuju dinding bagian kanan, lalu kembali lagi menuju impeller. Aliran kedua aliran langsung tersirkulasi setelah menabrak dinding kiri tangki, kembali menuju aliran pada dasar tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 2 detik.</p>
f	<p>Pada pola alir ini terdapat 2 pusaran air yang terjadi di depan impeller. Aliran di dasar tangki bergerak lurus menuju dinding kiri tangki. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat 2 macam aliran. Aliran pertama bergerak ke atas dan langsung turun kembali. Aliran ini langsung tersirkulasi menuju aliran keluaran impeller. Aliran kedua bergerak ke atas menabrak permukaan dan terjadi pusaran air tepat di kiri atas tangki. Kemudian aliran menabrak dinding kanan tangki, dan menuju kembali ke impeller. Pola alir</p>

	ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 1 detik.
g	Pada pola alir ini aliran discharge bergerak lurus menuju dinding kiri tangki. Kemudian, pada bagian kiri bawah tangki terdapat 2 pusaran yang cukup besar. Setelah aliran pada dasar tangki menabrak dinding tangki sebelah kiri, terdapat aliran yang langsung kembali menuju impeller kembali. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 2 detik.
h	Pola alir (h) aliran bergerak secara axial menuju dinding tangki. Pada aliran keluaran impeller bergerak ke atas terdapat 1 pusaran. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat 2 macam aliran. Aliran pertama bergerak ke atas, dan berbelok ke kanan, kemudian terjadi pusaran, lalu aliran menuju dinding bagian kanan, kembali lagi menuju impeller. Aliran kedua aliran langsung tersirkulasi setelah menabrak dinding kiri tangki, kembali menuju aliran pada dasar tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 3 kali dengan <i>average life time</i> 3 detik.
i	Pada pola alir ini terdapat 2 macam pola alir. Aliran pertama aliran bergerak secara arah downward. Kemudian, pada bagian kiri bawah tangki terdapat pusaran yang cukup besar. Pusaran ini akibat dari pertemuan tracer yang telah menabrak dinding dan tracer pada aliran keluaran impeller. Kemudian aliran bergerak ke atas, kembali menuju impeller dan sebagian lain menuju aliran pada bawah tangki. Aliran kedua <i>discharge flow</i> yang mengarah ke atas langsung tersirkulasi, kembali menuju impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 3 detik.

j	<p>Pola alir (j) pada aliran keluaran impeller terdapat 1 pusaran aliran. Sebelum mencapai dinding kiri tangki, sebagian aliran ada yang langsung tersirkulasi menuju aliran di dasar tangki. Setelah aliran menabrak dinding kiri tangki, aliran bergerak ke atas, dan terjadi 1 pusaran. Pusaran ini terjadi sebelum aliran menabrak permukaan liquid. Kemudian aliran langsung turun menuju aliran pada dasar tangki. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 2 detik.</p>
---	---

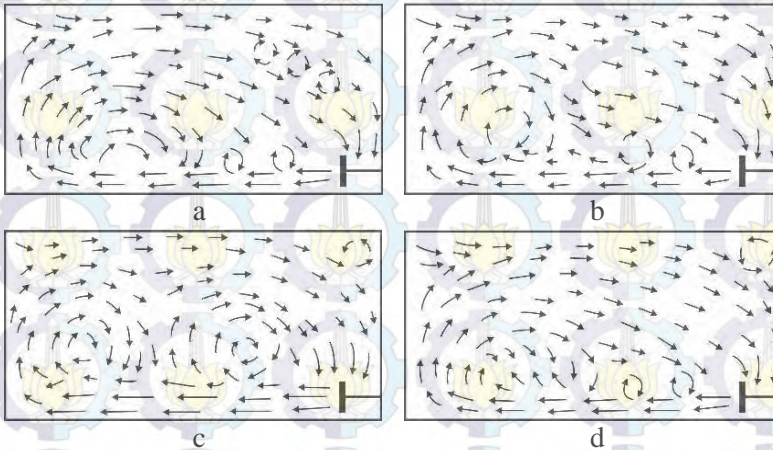


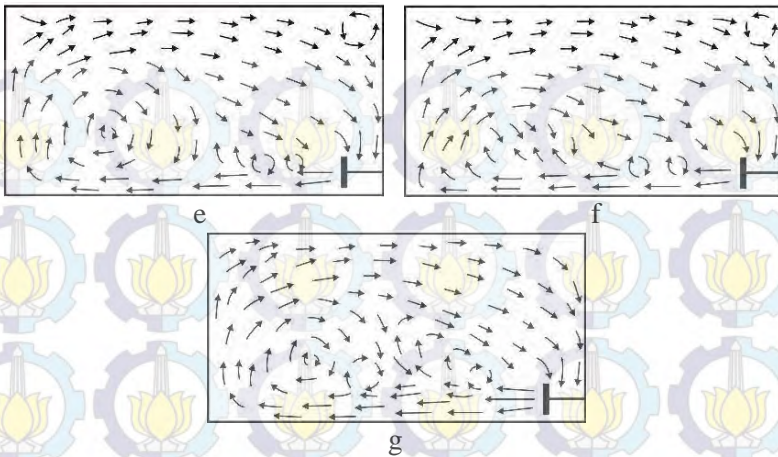
Gambar IV.22 Hasil visualisasi pola alir dari atas 4 *pitch blade turbine* pada 600 rpm

Gambar IV.22 (a) merupakan pola alir umum dari variabel ini. Seperti kebanyakan pola alir impeller berdaun 4, aliran yang terjadi menyebar dengan sudut penyebaran yang lebih luas. Aliran *discharge* menyebar dan menabrak sekeliling tangki.

Gambar IV.22 (b) sedikit berbeda dengan gambar (a) aliran *discharge* tidak menyebar begitu luas namun aliran setelah bergerak lurus kedepan berbelok akibat efek pusaran yang cukup besar pada dinding depan impeller sehingga membentuk aliran yang berbelok seluruh tangki. Aliran ini terjadi 20 kali dengan *average lifetime* 2 detik.

Gambar IV.22 (c) dan (d) hampir sama dengan aliran (b) hanya saja memiliki posisi yang berbeda untuk aliran (c) terjadi dua pusaran pada dinding depan tangki dan gambar (d) di depan di sisi agak ke kiri. Aliran (c) terjadi 7 kali dengan waktu sekitar 2-3 detik. Untuk aliran (d) terjadi sebanyak 15 kali dengan waktu sekitar 2-3 detik.





Gambar IV.23 Hasil visualisasi pola alir 6 pitch blade turbine pada 600 rpm

Tabel IV.20 Keterangan gambar 6 pitch blade turbine 4 cm 600 rpm

No. Gambar	Keterangan
a	Pola alir (c) hamper sama dengan pola alir (a). Pada aliran yang bergerak menuju dinding tangki bagian kanan, terjadi 3 pusaran air yang terdapat pada titik tengah bagian kanan tangki. Kemudian, aliran kembali menuju impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 1 detik.
b	Pola alir (e) terdapat 2 macam pola alir. Aliran pertama aliran keluaran impeller bergerak lurus menuju dinding kiri tangki. Setelah mencapai tengah aliran pada dasar tangki sebagian aliran bergerak ke atas dan tersirkulasi kembali menuju aliran di depan impeller. Aliran kedua setelah menabrak dinding

	<p>tangki sebagian aliran langsung tersirkulasi menuju aliran keluaran impeller dan menuju kembali ke impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 6 kali dengan <i>average life time</i> 25 detik.</p>
c	<p>Pola alir ini aliran terdapat 2 macam pola alir. Aliran pertama aliran bergerak secara arah downward. Kemudian, setelah menabrak dinding kiri tangki aliran bergerak ke atas kemudian muncul pusaran. Kemudian aliran bergerak ke atas, kembali menuju impeller dan sebagian lain menuju aliran pada bawah tangki. Aliran kedua <i>discharge flow</i> yang mengarah ke atas langsung tersirkulasi, kembali menuju impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 40 detik.</p>
d	<p>Pola alir (g) terdapat stagnant zone di bagian kiri tangki, dan terjadi 1 pusaran air pada aliran keluaran impeller. Setelah aliran keluaran impeller menabrak dinding kiri tangki, aliran bergerak ke atas. Kemudian bergerak menuju dinding tangki bagian kanan, dan terjadi pusaaran air pada bagian kanan atas tangki. Kemudiana, Aliran kembali menuju impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 2 kali dengan <i>average life time</i> 40 detik.</p>
e	<p>Pola alir ini aliran terdapat 2 macam pola alir. Aliran pertama aliran bergerak secara arah downward. Kemudian, setelah menabrak dinding kiri tangki aliran bergerak ke atas kemudian muncul pusaran. Kemudian aliran bergerak ke atas, kembali menuju impeller dan sebagian lain menuju aliran pada bawah tangki. Aliran kedua <i>discharge flow</i> yang mengarah ke atas langsung tersirkulasi, kembali menuju impeller. Pola alir ini terjadi sebanyak 1 kali dengan <i>average life time</i> 20 detik.</p>



Gambar IV.24 Hasil visualisasi pola alir dari atas 6 *pitch blade turbine* pada 600 rpm

Gambar IV.24 (a) merupakan pola alir umum dari variabel ini, seperti pola alir impeller berdaun empat kebanyakan penyebaran aliran memiliki sudut yang tidak terlalu lebar dan menabrak dinding sekeliling tangki pada area sekitar samping dan belakang impeller terjadi pusaran pusaran kecil dan partikel yang tidak terlalu banyak.

Gambar IV.24 (b), (c), (d) dan (e) memiliki pola alir yang hampir sama hanya terdapat pusaran pusaran kecil setelah menabrak tangki. Gambar (b) memiliki pusaran pada tiga titik di dinding depan impeller dan sisi kanan dan kiri. Aliran ini terjadi 17 kali dengan *average lifetime* 2 detik. Untuk gambar (c) terjadi pusaran pada dinding depan dan kiri tangki dengan kejadian sebanyak 17 kali selama sekitar 2-3 detik. Gambar (d) memiliki pusaran di sebelah kiri tangki aliran ini terjadi sebanyak 19 kali dengan waktu rata-rata 2 detik. Gambar (e) memiliki dua buah pusaran di dinding depan tangki aliran ini terjadi sebanyak 12 kali dengan waktu yang hampir sama sekitar 2-3 detik.

IV.1.2 Pengaruh Ketinggian Liquida Terhadap Pola Alir

A. Kecepatan putar impeller 400 rpm

Gambar di bawah adalah pola alir yang terjadi pada kecepatan putar 400 rpm dengan perbedaan diameter impeller, serta gambar yang ditampilkan adalah pola alir yang sering terjadi pada saat pengadukan berlangsung. Perbedaan pola alir tiap ketinggian liquida pada impeller dengan jumlah daun 6 dapat dilihat pada gambar IV.25 dan gambar IV.26. Untuk impeller dengan jumlah daun 4 dapat dilihat pada gambar IV.27 dan gambar IV.28

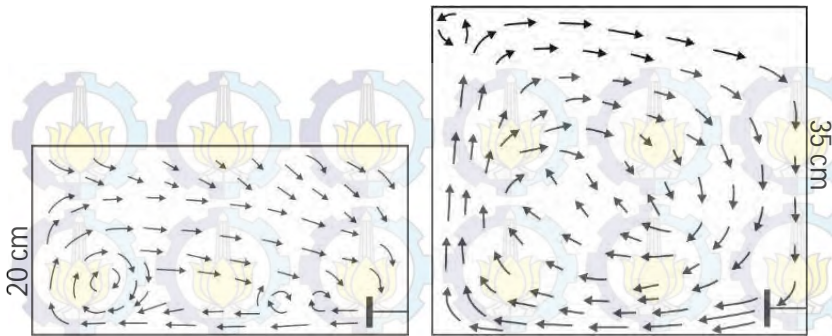
A.1 Impeller Daun 6



Gambar IV.25 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 6 diameter 3 cm pada 400 rpm

Gambar IV.25 menunjukkan bahwa saat ketinggian liquida 20 cm terdapat daerah *dead zone* di tengah tangki dengan ukuran yang cukup besar. Pada pola alir dengan NRe 749 ini aliran mendorong *tracer* yang keluar dari impeller menuju dinding kiri tangki. Pada daerah *discharge flow* terjadi *vortex* akibat pertemuan *tracer* yang tersirkulasi, dan *tracer* yang keluar dari impeller. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat sebagian aliran yang bergerak ke atas dan menabrak dinding kanan tangki kemudian terjadi pusaran.

Sedangkan untuk ketinggian 35 cm pola alir yang terjadi aliran terlihat mendorong *tracer* menuju dinding kiri tangki. Kemudian aliran bergerak ke atas dan terjadi pusaran aliran. *Dead zone* yang terjadi lebih besar daripada ketinggian liquida 20 cm. Pola alir yang terjadi tidak memiliki banyak instabilitas dalam aliran. Pada aliran *discharge flow* aliran tidak terlalu banyak turbulensi yang terjadi daripada ketinggian 20 cm.



Gambar IV.26 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 6 Diameter 4 cm pada 400 rpm

Gambar IV.26 menunjukkan bahwa saat ketinggian liquida 20 cm pola alir yang terjadi aliran membentuk pusaran di depan impeller, dan terjadi pusaran yang cukup besar di bagian kiri bawah tangki. Pola alir mendorong *tracer* yang keluar dari impeller menuju dinding kiri tangki, terjadi pusaran, kemudian aliran kembali lagi menuju impeller.

Sedangkan untuk ketinggian 35 cm pola alir yang terjadi aliran terlihat mendorong *tracer* menuju dinding kiri tangki. Pada aliran *discharge flow* aliran terlihat lebih tenang daripada ketinggian 20 cm. Kemudian aliran bergerak ke atas dan terjadi pusaran aliran. Terdapat *Dead zone* yang terjadi di tengah tangki. Pola alir yang terjadi tidak memiliki banyak instabilitas dalam aliran.

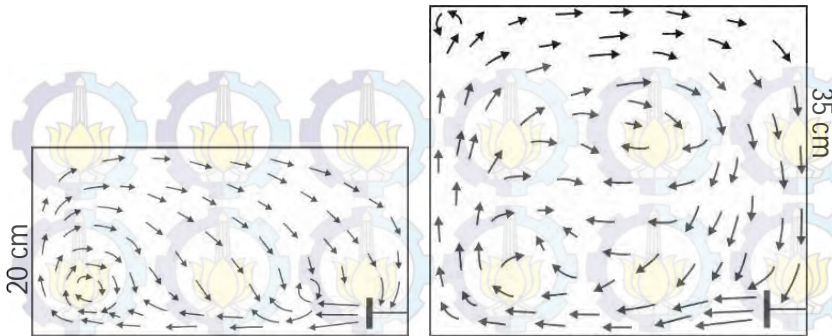
A.2 Impeller Daun 4



Gambar IV.27 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 4 Diameter 3 cm pada 400 rpm

Gambar IV.27 menunjukkan bahwa saat ketinggian liquida 20 cm terdapat *dead zone* di tengah tangki dengan ukuran yang cukup kecil. Pola alir mendorong *tracer* yang keluar dari impeller menuju dinding kiri tangki. Pada daerah *discharge flow* bagian *upward* terjadi *vortex*. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat sebagian aliran yang bergerak ke atas dan kembali menuju impeller.

Sedangkan untuk ketinggian 35 cm pola alir yang terjadi aliran terlihat mendorong *tracer* menuju dinding kiri tangki. Kemudian aliran bergerak ke atas, dan sebagian aliran ada yang masuk ke area *dead zone*. *Dead zone* yang terjadi lebih besar daripada ketinggian liquida 20 cm. Pola alir yang terjadi tidak memiliki banyak instabilitas dalam aliran.



Gambar IV.28 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 4 Diameter 4 cm pada 400 rpm

Gambar IV.28 menunjukkan bahwa saat ketinggian liquida 20 cm terdapat pusaran aliran tepat di bagian kiri bawah tangki. Pada daerah *discharge flow* bagian *upward* terjadi *vortex*. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat sebagian aliran yang bergerak ke atas dan kembali menuju impeller dan sebagian lainnya menuju aliran pada dasar tangki.

Sedangkan untuk ketinggian 35 cm pola alir yang terjadi aliran terlihat mendorong *tracer* menuju dinding kiri tangki. Kemudian aliran bergerak ke atas dan terjadi pusaran aliran di bagian kiri atas tangki. *Dead zone* yang terjadi lebih besar daripada ketinggian liquida 20 cm. Pola alir yang terjadi tidak memiliki banyak instabilitas dalam aliran.

B. Kecepatan putar impeller 500 rpm

Gambar di bawah adalah pola alir yang terjadi pada kecepatan putar 500 rpm dengan perbedaan diameter impeller, serta gambar yang ditampilkan adalah pola alir yang sering terjadi pada saat pengadukan berlangsung. Perbedaan pola alir tiap ketinggian liquida pada impeller daun 6 dapat dilihat pada gambar IV.29 dan gambar IV.30. Untuk impeller daun 4 dapat dilihat pada gambar IV.31 dan IV.32.

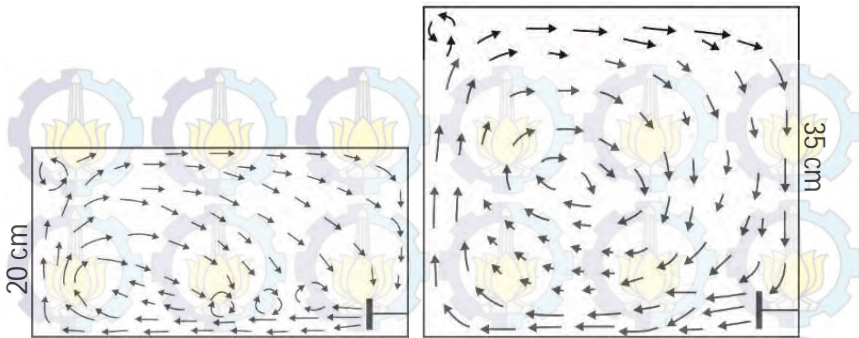
B.1 Impeller Daun 6



Gambar IV.29 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 6 Diameter 3 cm pada 500 rpm

Gambar IV.29 menunjukkan bahwa saat ketinggian liquida 20 cm terdapat 2 pusaran aliran tepat di depan impeller. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat sebagian aliran yang bergerak ke atas dan kembali menuju impeller dan sebagian lainnya menuju aliran pada dasar tangki. Terdapat daerah *dead zone* di bagian kiri tangki.

Sedangkan untuk ketinggian 35 cm pola alir yang terjadi aliran terlihat mendorong *tracer* menuju dinding kiri tangki. Kemudian aliran bergerak ke atas dan terjadi pusaran aliran di bagian kiri atas tangki. *Dead zone* yang terjadi lebih besar daripada ketinggian liquida 20 cm. Pola alir yang terjadi tidak memiliki banyak instabilitas dalam aliran.

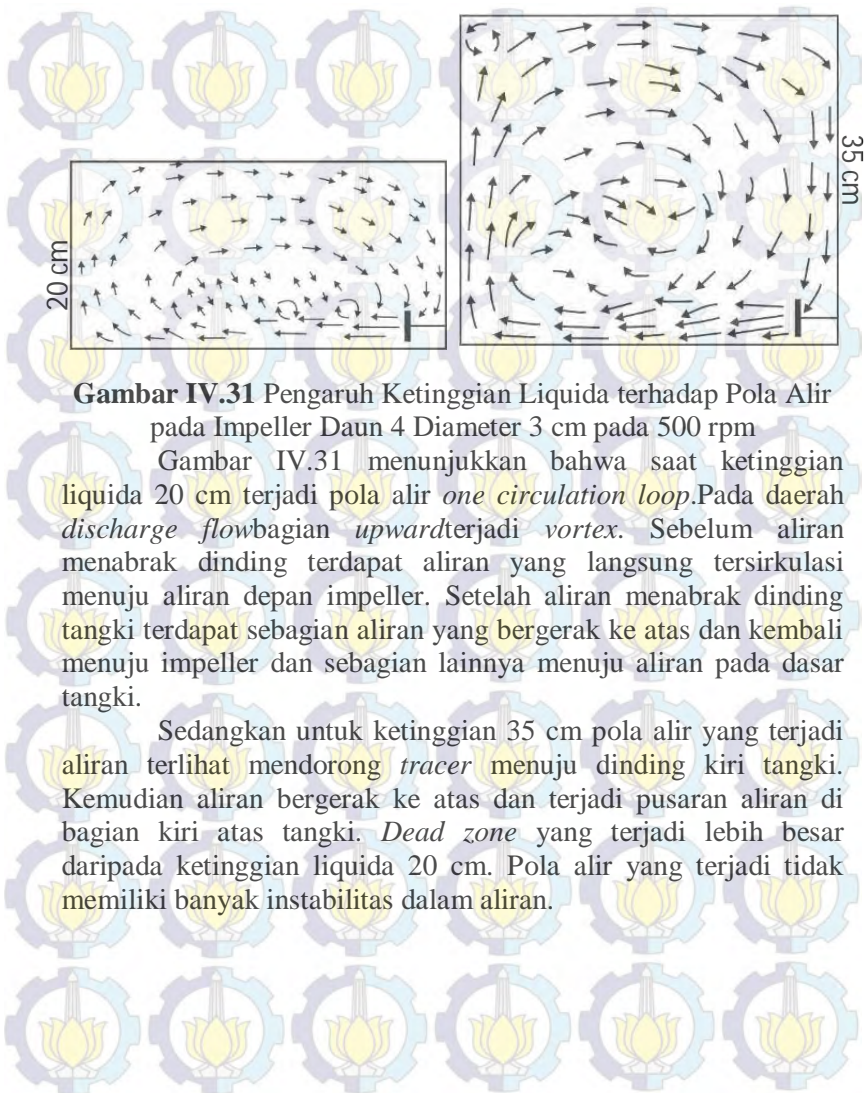


Gambar IV.30 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 6 Diameter 4 cm pada 500 rpm

Gambar IV.30 menunjukkan bahwa saat ketinggian liquida 20 cm terdapat 3 pusaran yang terjadi berurutan tepat di depan impeller. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat sebagian aliran yang bergerak ke atas, sebagian aliran yang langsung tersirkulasi kembali menuju impeller dan sebagian lainnya menuju aliran pada dasar tangki.

Sedangkan untuk ketinggian 35 cm pola alir yang terjadi aliran terlihat mendorong *tracer* menuju dinding kiri tangki. Kemudian aliran bergerak ke atas dan terjadi pusaran aliran di bagian kiri atas tangki. Tidak terdapat *dead zone* pada ketinggian ini. Aliran yang bersirkulasi pada tengah tangki memiliki kecepatan yang sangat lambat. Pola alir yang terjadi tidak memiliki banyak instabilitas dalam aliran.

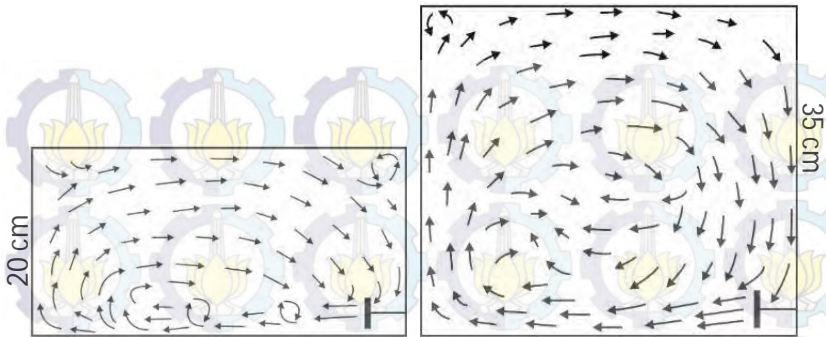
B.2 Impeller Daun 4



Gambar IV.31 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 4 Diameter 3 cm pada 500 rpm

Gambar IV.31 menunjukkan bahwa saat ketinggian liquida 20 cm terjadi pola alir *one circulation loop*. Pada daerah *discharge flow* bagian *upward* terjadi *vortex*. Sebelum aliran menabrak dinding terdapat aliran yang langsung tersirkulasi menuju aliran depan impeller. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat sebagian aliran yang bergerak ke atas dan kembali menuju impeller dan sebagian lainnya menuju aliran pada dasar tangki.

Sedangkan untuk ketinggian 35 cm pola alir yang terjadi aliran terlihat mendorong *tracer* menuju dinding kiri tangki. Kemudian aliran bergerak ke atas dan terjadi pusaran aliran di bagian kiri atas tangki. *Dead zone* yang terjadi lebih besar daripada ketinggian liquida 20 cm. Pola alir yang terjadi tidak memiliki banyak instabilitas dalam aliran.



Gambar IV.32 Pengaruh Ketinggian Liquida terhadap Pola Alir pada Impeller Daun 4 Diameter 4 cm pada 500 rpm

Gambar IV.32 menunjukkan bahwa saat ketinggian liquida 20 cm terjadi pusaran pada aliran di dasar tangki. Sebelum aliran menabrak dinding terdapat aliran yang langsung tersirkulasi menuju aliran depan impeller. Setelah aliran menabrak dinding tangki terdapat sebagian aliran yang bergerak ke atas kemudian menabrak dinding kanan tangki, dan terjadi pusaran air, lalu kembali menuju impeller dan sebagian lainnya menuju aliran pada dasar tangki.

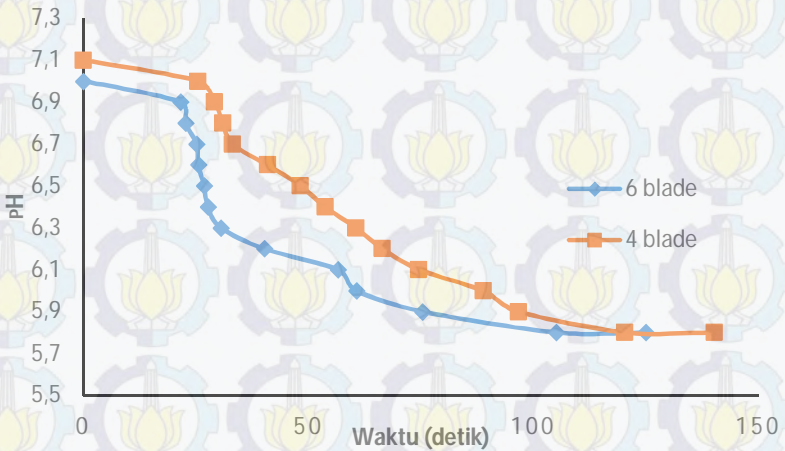
Sedangkan untuk ketinggian 35 cm pola alir yang terjadi aliran terlihat mendorong *tracer* menuju dinding kiri tangki. Setelah menabrak dinding tangki terdapat sebagian aliran yang masuk ke dalam daerah *dead zone*. Sebagian besar aliran bergerak ke atas dan terjadi pusaran aliran di bagian kiri atas tangki. *Dead zone* yang terjadi lebih besar daripada ketinggian liquida 20 cm. Pola alir yang terjadi tidak memiliki banyak instabilitas dalam aliran.

IV.2 Pengukuran Waktu Pencampuran (*Mixing Time*)

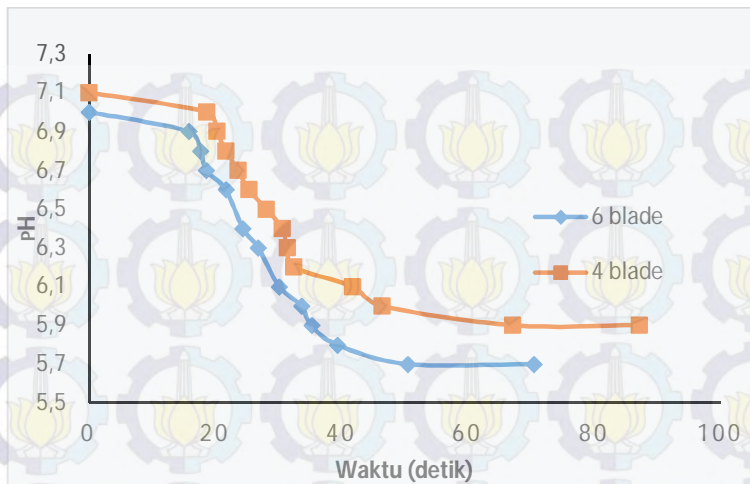
Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui lamanya waktu pencampuran tiap impeller. Percobaan ini dilakukan untuk tiap kecepatan sudut tiap impeller. Kecepatan sudut yaitu 400 rpm, 500 rpm, 600 rpm, 700 rpm. Sedangkan impeller yaitu, 6 *Blade* 3 cm, 4 *Blade* 3 cm, 6 *Blade* 4 cm, dan 4 *Blade* 4 cm.

Percobaan dilakukan dengan mencampur fluida dengan tracer elektrolit yakni larutan HCl 0,05 M, sehingga dari perhitungan pengenceran akan didapatkan pH sekitar 5,6. Hasil yang didapatkan kemudian di tentukan pengaruh jumlah daun impeller terhadap *mixing time*, pengaruh kecepatan putar terhadap *mixing time*, dan pengaruh diameter impeller terhadap *mixing time*.

IV.2.1 Pengaruh Jumlah Daun Impeller terhadap *Mixing Time*



Gambar IV.33 Pengaruh Jumlah Daun Impeller terhadap Mixing Time pada diameter 3 cm pada 400 rpm

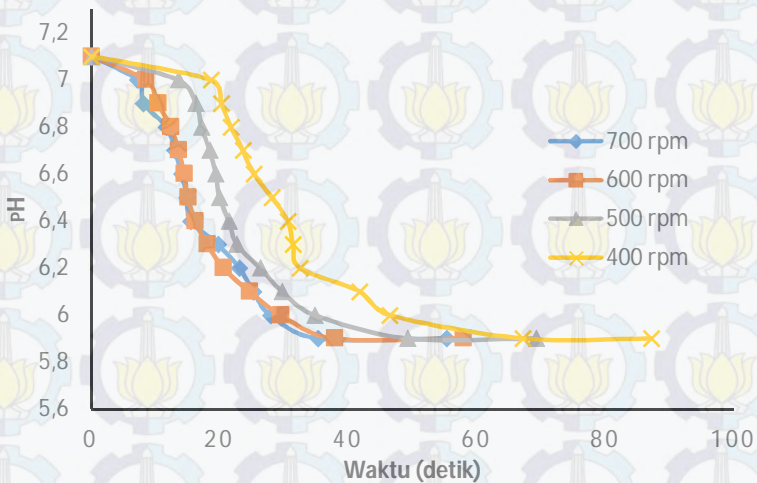


Gambar IV.34 Pengaruh Jumlah Daun Impeller terhadap Mixing Time pada diameter 4 cm pada 400 rpm

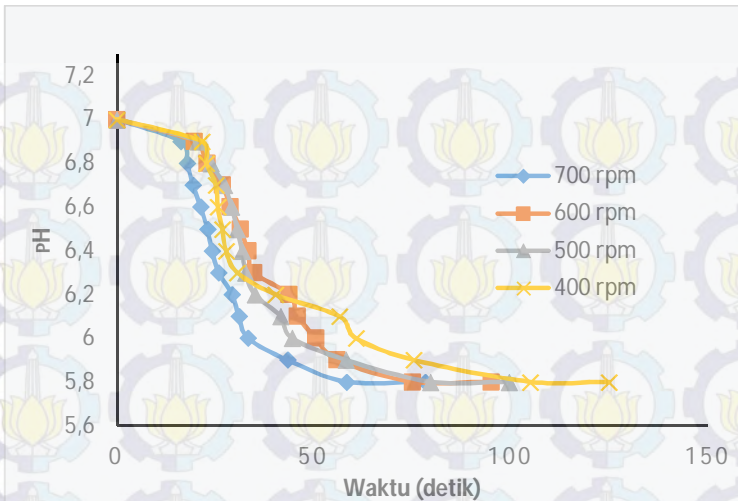
Gambar IV.33 dan IV.34 berturut-turut menunjukkan pengaruh jumlah daun impeller terhadap *mixing time* pada diameter 3 cm dan diameter 4 cm dengan kecepatan putar 400 rpm. Dari gambar 4. Terlihat bahwa *mixing time* akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya daun impeller yaitu dari 4 daun menjadi 6 daun impeller. *Mixing time* berkaitan dengan *flow pattern* (pola alir) dari impeller. Dimana pola alir yang terjadi pada impeller dengan daun 6 memiliki kecepatan aliran yang lebih tinggi daripada impeller berdaun 4. (Pullum dkk., 2005). Dengan kecepatan aliran yang tinggi, maka waktu aliran bersirkulasi lebih tinggi. Dengan kecepatan yang lebih tinggi pula, maka *dead zone* dari impeller berdaun 6 lebih kecil dari pada impeller berdaun 4. (Mununga dkk., 2003). Dengan *dead zone* yang lebih kecil, maka daerah yang tersirkulasi akan lebih besar sehingga waktu homogenisasi larutan, atau *mixing time* akan semakin berkurang. Selain itu, pola alir yang dihasilkan pada impeller berdaun 4 memiliki kejadian *vortex* (pusaran aliran) pada aliran keluaran impeller (*discharge flow*) yang lebih besar dan lebih sering,

daripada pola alir impeller berdaun 6. *Vortex* adalah daerah tekanan rendah yang dapat menyebabkan pencampuran menghasilkan material dengan massa jenis yang lebih kecil. Fenomena ini dapat menambah waktu terjadinya homogenisasi larutan. (Edward dkk., 2004)

IV.2.2 Pengaruh Kecepatan Putar terhadap *Mixing Time*



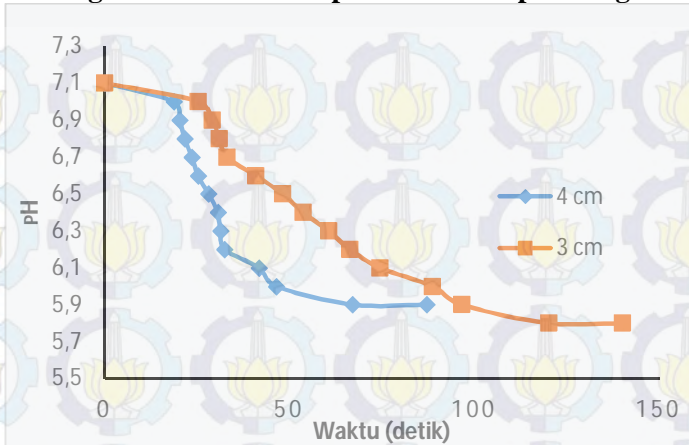
Gambar IV.35 Pengaruh Kecepatan Putar terhadap *Mixing Time* pada impeller berdaun 4 diameter 4 cm



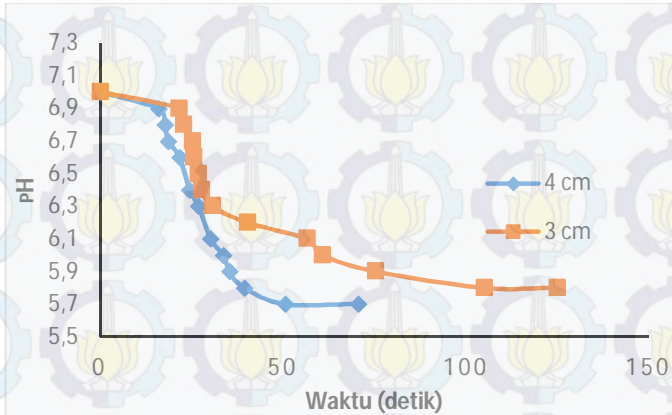
Gambar IV.36 Pengaruh Kecepatan Putar terhadap *mixing time* pada impeller berdaun 6 diameter 3 cm

Gambar IV.35 dan IV.36 berturut-turut menunjukkan pengaruh kecepatan terhadap *mixing time* pada impeller berdaun 4 berdiameter 4 cm dan impeller berdaun 6 dengan diameter 3 cm. Dari gambar tersebut terlihat bahwa *mixing time* akan semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kecepatan putar impeller yaitu dari 400 sampai 700 rpm. Semakin cepatnya waktu pencampuran ini disebabkan karena semakin cepat putaran impeller, maka perubahan/peralihan pola alir semakin kuat dan menyebabkan berkurangnya luas *dead zone*. Berkurangnya *dead zone* menyebabkan zona pencampuran akan lebih besar, *circulation loop* akan lebih besar, sehingga homogenitas larutan lebih cepat dicapai. (Mununga dkk., 2003).

IV.2.3 Pengaruh Diameter Impeller Terhadap Mixing Time



Gambar IV.37 Pengaruh Diameter Impeller Berdaun 4 dengan kecepatan putar 400



Gambar IV.38 Pengaruh Diameter Impeller berdaun 6 dengan kecepatan putar 400

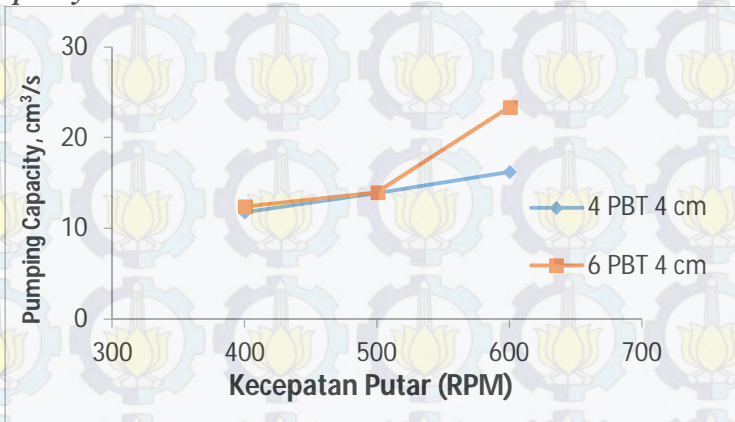
Gambar IV.37 dan IV.38 berturut-turut menunjukkan pengaruh diameter impeller terhadap *mixing time* pada impeller berdaun 4 dengan kecepatan putar 400 rpm, 500 rpm, 600 rpm, dan 700 rpm. Dari gambar 4. terlihat bahwa *mixing time* akan semakin berkurang, atau homogenitas akan lebih cepat terjadi, seiring dengan bertambahnya diameter impeller yaitu 3 cm dan 4 cm. Penambahan diameter impeller atau semakin besarnya d/D akan menambah nilai *pumping capacity*, dan menambah energy turbulensi. (Kresta dkk., 1994). Ketika *pumping capacity* semakin besar maka volume aliran yang tersirkulasi akan semakin besar. Volume aliran yang tersirkulasi semakin besar, maka semakin banyak molekul yang berkontak. Sehingga hal ini dapat mempercepat terjadinya homogenisasi larutan atau dengan kata lain *mixing time* akan berkurang.

IV.3 Pengukuran Pumping Capacity

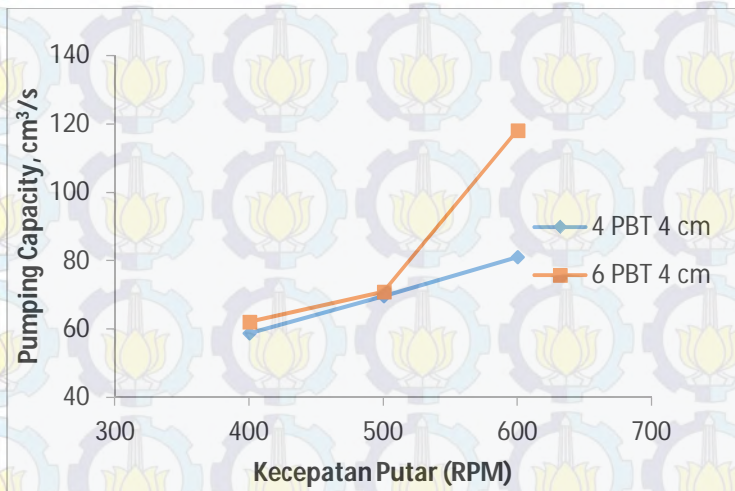
Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui flow rate atau volume fluida keluaran impeller. Percobaan ini dilakukan secara perekaman video, dan selanjutnya dianalisa. Variabel yang dipakai yaitu impeller dengan jumlah daun 6, dan 4, dengan diameter 4 cm. Kecepatan sudut yaitu 400 rpm, 500 rpm, 600 rpm, 700 rpm.

Dari hasil yang didapatkan kemudian di tentukan pengaruh jumlah daun impeller terhadap *pumping capacity*, pengaruh kecepatan putar terhadap *pumping capacity*.

IV.3.1 Pengaruh Jumlah Daun Impeller terhadap *Pumping Capacity*

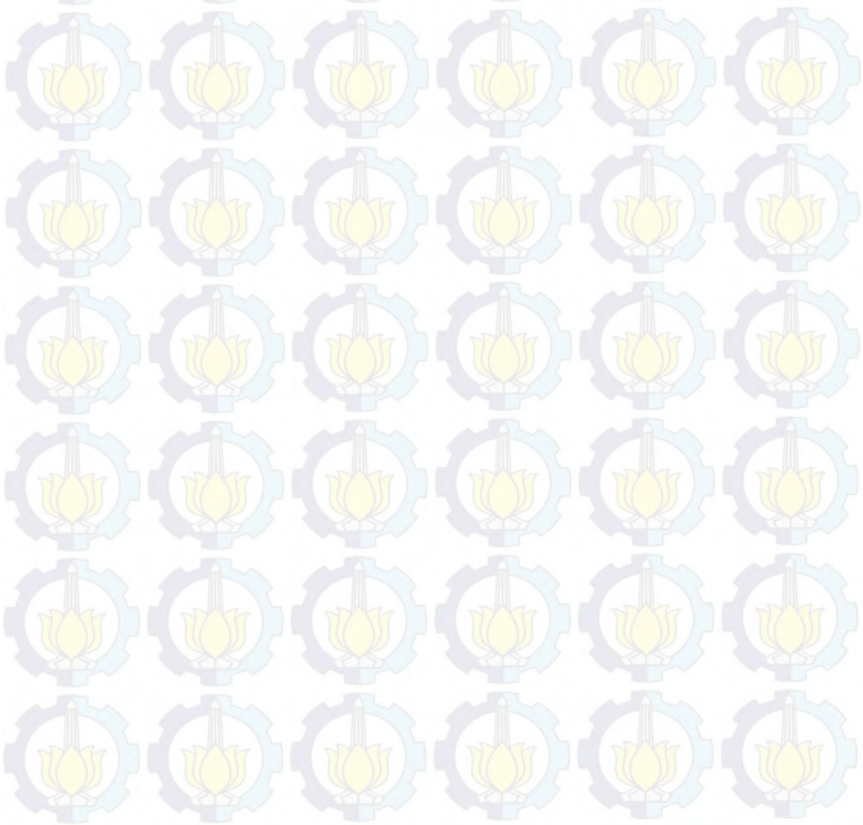


Gambar IV.39 Pengaruh Jumlah Daun pada Kecepatan Rata-Rata Sirkulasi



Gambar IV.40 Pengaruh Jumlah Bladeterhadap *Pumping Capacity*

Dari Grafik di atas dapat terlihat bahwa semakin banyak jumlah blade, maka Pumping Capacity semakin besar. *Pumping Capacity* dapat di tentukan dari axial velocity dan radial velocity yang keluar dri impeller. Dimana axial velocity dan radial velocity tidak dipengaruhi dengan kecepatan putar impeller atau frekuensi perputaran impeller. (Rieger dkk., 2002). Semakin banyak jumlah daun impeller, maka nilai *flow number* dan *power number* akan semakin besar. (Kumaresan dan Josh., 2006). Maka dari itu, nilai *pumping capacity* semakin besar.



DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A. (2014), "Parameters Influence on Mixing Time of Gas Liquid Agitation System", *J. Eng. Sci.*, 22, 2-12.
- Atiemo – Obeng, A., S. Kresta, and E. Paul (2004), "Handbook of Industrial Mixing", John Wiley & Sons.
- Bakker, A., and J. Fassano (2000), "The Flow Pattern in an Industrial Paper Pulp Chest with a Side Entering Impeller", *The Online CFM Book.*
- Dakhel, A., A. Rahimi (2004), "CFD Simulation of Homogenization in Large-Scale Crude Oil Storage Tanks", *J. Petrol. Sci. Eng.*, 43, 151-161.
- Hourigan, K., L. Mununga, M. Thompson (2005), "Numerical Study of The Effect of Blade size on Pumping Effectiveness on a Paddle Impeller in Unbaffled Mixing Vessels", *International Conference on CFD*, 3, 90-96.
- Karcz, J. and J. Szopilik (2005), "An Efficiency of the Liquid Homogenization in Agitated Vessels Equipped with Off-Centred Impeller", *J. Chem. Eng. Process*, 35 (1), 47-53.
- Kipke, K. (1984), "Suspension by Side Entering Agitators", *J. Chem. Eng. Process*, 233-238.
- Kumaresan, T. and B. Josh (2005), "Effect of Impeller Design on Flow Pattern and Mixing in Stirred Tank", *J. Chem. Eng.*, 115, 173-193.
- Pradana, G. and S. Andriani (2013), "Visualisasi Pola Alir dalam Tangki Berpengaduk Menggunakan Side-Entering Mixer", Skripsi, ITS.
- Pradana, D. dan S. Mubin, (2014). "Simulasi CFD Karakteristik Hidrodinamika Side-Entering Mixer Dengan Inclined Fan Turbine dan Marine Propeller", Skripsi, ITS.
- Pullum, L., J. Wu, Y. Zhu (2010), "Impeller Geometry Effect on Velocity and Solid Suspension", *CSIRO Thermal and Fluids Eng.*, 46, 89-94.

- Sukmawedha, B. dan A. Sari (2012), “Simulasi Pola Alir di dalam Tangki Berpengaduk Menggunakan Side-Entering impeller”, Skripsi, ITS.
- Tatterson, G. B 1991. “Fluid Mixing and Gas Dispersion in Agitated Tanks”. McCraw-Hill, Inc
- Wesselingh, J. (1974), “Mixing of Liquids in Cylindrical Storage Tanks with Side-Entering Propeller”, *Chem. Eng. Sci.*, 30, 973-981.
- Zwittinger, N. (1958), “Suspending of Solid Particle in Liquid by Agitators”, *Chem. Eng. Sci.*, 8, 244-253.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Semakin banyak jumlah daun impeller yang digunakan pada diameter dan kecepatan yang sama maka variasi aliran berkurang yaitu pada 4 daun sebanyak 14, dan 6 daun sebanyak 12 pola alir, namun *life time* tiap variasi aliran lebih lama.
2. Semakin tinggi level ketinggian liquida maka variasi pola alir yang dihasilkan semakin sedikit. Terlihat dari pola alir dari tangki ketinggian 35 cm hanya terdapat 3-4 jenis pola alir. Dan ketinggian 20 cm terdapat 6-16 jenis pola aliran.
3. *Mixing Time* pada diameter 4 cm berdaun 6 dengan kecepatan 400-700 rpm berturut-turut 50,45 ; 41,55 ; 33,35 ; 31,67 detik. Pada diameter 3 cm impeller berdaun 6 kecepatan 400-700 rpm berturut-turut 104,93 ; 79,56 ; 74,95 ; 58,26 detik.. Sehingga, semakin besar diameter impeller yang digunakan pada kecepatan yang sama dan jumlah daun yang sama, maka *mixing time* akan semakin berkurang dan semakin besar kecepatan putar maka *mixing time* akan berkurang
4. *Mixing Time* pada daun 4 dengan diameter 3 cm dan kecepatan putar 400-700 rpm berturut-turut didapat 120,15 ; 106,76 ; 76,92 ; 65,19 detik. Pada daun 6 diameter 3 cm rpm 400-700 berturut-turut 104,93 ; 79,56 ; 74,95 ; 58,26 detik. Sehingga semakin banyak jumlah daun impeller yang digunakan pada diameter dan kecepatan putar yang sama maka *mixing time* akan semakin berkurang.
5. Penurunan *mixing time* dari daun 4 ke daun 6 sebesar 12,7%, sedangkan dari diameter 3 cm ke 4 cm sebesar

51,5%. Maka pengaruh besar diameter terhadap *mixing time* lebih berpengaruh secara signifikan daripada pengaruh jumlah daun impeller

6. *Pumping capacity* pada impeller berdaun 4 diameter 4 cm kecepatan 400-600 rpm berturut-turut 58,77 ; 69,529 ; 81,09 cm³/s. Pada impeller berdaun 6 diameter 4 cm kecepatan 400-600 rpm berturut-turut 61,997 ; 69,84 ; 118,16 cm³/s. Sehingga semakin banyak jumlah daun maka *pumping capacity* semakin besar.
7. Geometri impeller optimum untuk tangki berpengaduk dengan *side entering impeller* berdasarkan *mixing time* terkecil 31,67 detik dan *pumping capacity* terbesar 118,16 cm³/s yakni impeller berdaun 6 diameter 4 cm.

V.2 Saran

Saran dari penulis mengenai penelitian ini adalah:

1. *Tracer* yang ditambahkan tidak perlu terlalu banyak agar tidak mengganggu dalam proses analisa video, terutama pengamatan dari atas.
2. Menggunakan tracer dengan densitas yang hampir sama dengan densitas liquida (air) sangat disarankan tracer yang belum di coba polystyrene (PS)
3. Pada penelitian selanjutnya di tambah variable sudut daun impeller terhadap shaft.
4. Penentuan waktu pencampuran (*mixing time*) menggunakan alat yang memiliki ketelitian 0,01 sehingga respon alat tidak terlalu cepat.
5. Pengukuran *pumping capacity* menggunakan alat yang bisa menghitung kecepatan pada tiap titik di dalam tangki, sehingga hasil yang dicapai lebih akurat.

APPENDIKS

Densitas = $998,2 \text{ kg/m}^3$

Viskositas = $0,01 \text{ kg/m.sec}$

Contoh : diameter = $3 \text{ cm} = 0,03 \text{ m}$

Kecepatan putar = $400 \text{ rpm} = 6,66667 \text{ rps}$

$$\begin{aligned}\text{Hitung : } N_{re} &= \frac{d^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu} \\ &= \frac{0,03 \cdot 6,66667 \cdot 998,2}{0,01} \\ &= 599\end{aligned}$$

Diameter	$N_{re} = \frac{d^2 \cdot N \cdot \rho}{\mu}$			
	400 rpm	500 rpm	600 rpm	700 rpm
3 cm	599	749	898	1.048
4 cm	1.065	1.331	1.597	1.863

Menghitung Pengenceran dengan HCl

Konsentrasi larutan HCl yang digunakan $0,05 \text{ M}$

Volume larutan dalam tangki 25 liter

Volume HCl yang ditetaskan $2 \text{ ml} = 0,002 \text{ liter}$

Kesetimbangan mol

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$0,05 \times 0,002 = M_2 \times 25$$

$$M_2 = (0,05 \times 0,002) / 25$$

$$M_2 = 4 \times 10^{-6}$$

$$pH = -\log M_2$$

$$pH = -\log (4 \times 10^{-6})$$

$$pH = 5,39$$

Menghitung Pumping Capacity

Dari data yang didapat pada impeller berdaun 6 diameter 4 cm pada 400 rpm.

Kecepatan sisi bawah tangki = 24,972 cm/s

Kecepatan sisi kiri tangki = 8,726 cm/s

Kecepatan sisi atas tangki = 5,789 cm/s

Kecepatan sisi kanan tangki = 10,111 cm/s

Kecepatan rata-rata aliran sisi = $(24,972 + 8,726 + 5,789 + 10,111) : 4 = 12,3995 \text{ cm/s}$

Pumping capacity diperoleh dari kecepatan rata-rata aliran sisi dikalikan dengan luas cahaya slit pada pengamatan, celah slit = 1 cm dan tinggi bidang pengamatan sisi = 5 cm. Maka *pumping capacity* Q adalah

$$Q = v \times L = 12,3995 \times (5 \times 1) = 61,997 \text{ cm}^3/\text{s}$$

Dari perhitungan tersebut didapat

Tabel hasil pengamatan *pumping capacity*

Jenis Blade	RPM	Kec. bawah (cm/s)	Kec. kiri (cm/s)	Kec. atas (cm/s)	Kec. kanan (cm/s)	Kec. rata rata (cm/s)	Luas area (cm ² /s)	Pump. Capacity (cm ³ /s)
4 PBT 4 cm	400	14,35	12,21	12,07	8,369	11,75	5	58,777
	500	19,39	11,72	12,6	11,91	13,91	5	69,529
	600	24,26	15,48	11,68	13,44	16,21	5	81,09
6 PBT 4 cm	400	24,97	8,726	10,11	5,789	12,39	5	61,997
	500	26,70	11,95	9,566	7,592	13,96	5	69,844
	600	33,58	18,40	22,15	20,39	23,63	5	118,165

HERMAWAN FANDI NUARI



Hermawan Fandi Nuari merupakan anak pertama dari Bapak Heru Wiyono Basuki dan Ibu Wiwik Siti Kalsum. Lahir di Bandung 23 tahun silam dari tahun skripsi ini. Merupakan alumni dari TK Kartika V Batujajar, SD Negeri Trompoasri 2, SMP Negeri 1 Porong dan SMA Negeri 1 Porong. Penulis menempuh studi S1 di Teknik Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada tahun 2011. Sempat menjajal dunia kerja pada beberapa bimbel sebagai Marketing Staff. Selain itu penulis juga melaksanakan studi Kerja Praktek di Perusahaan Bioteknologi

terkemuka Cheil Jedang Indonesia yang berlokasi di Pasuruan. Sempat aktif di organisasi jurusan di bidang Competency Development sebagai staff, staff Tablighul Islam KINI, dan di tahun ketiga menjadi kepala biro pembinaan Badan Pelayanan Ummat JMMI. Aktif di kependamuan FTI sejak tahun 2012 hingga tahun 2014. Selain Skripsi ini penulis juga telah mengerjakan Pra Desain Pabrik Biogas dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. Selama proses penyelesaian tugas penulis dibantu oleh Azis Hardianto Wahyujati S.T., dan dibimbing oleh Dr. Tantular Nurtono S.T., M.Eng, dan Prof. Dr. Ir. Sugeng Winardi M.Eng..

DATA PRIBADI

Nama	: Hermawan Fandi Nuari
Alamat	: Dsn Jagan Asem RT 10 RW 4 Ds. Trompoasri Kec. Jabon Sidoarjo
No. Telepon	: 081936996790/081234609807
Email	: hf.nuary@gmail.com / hf.nuari@live.com

AZIS HARDIANTO WAHYUJATI



Azis Hardianto Wahyujati lahir di Mataram, Nusa Tenggara Barat, 6 Juli 1993. Penulis menghabiskan waktu selama 8 tahun di kota Mataram, untuk menjalankan pendidikan formal sampai kelas 3 SD Negeri 37 Tanjung Karang Mataram. Kemudian penulis berpindah menuju kota Magelang dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SD Jurangombo 4, Magelang, tahun 2005. Lalu, pria yang suka menulis puisi dan futsal ini melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Magelang hingga tahun 2008 dan “*gladiool high school*” SMA Negeri 1 Magelang hingga tahun 2011. Penulis melanjutkan pendidikan S1 di jurusan Teknik Kimia FTI-ITS pada tahun 2011 di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Semasa kuliah, penulis berjuang di medan dakwah islam di organisasi KINI (Kajian Islam Nurul Ilmi) di departemen Media Informasi Islam, sebagai staff dan kepala departemen. Penulis juga aktif mengikuti klub olahraga bulutangkis “PROTON” Tekkim. Penulis melakukan kerja praktek di PT. Asahimas Flat Glass, Tbk. Sidoarjo. Di akhir masa studi, penulis memilih Laboratorium Mekanika Fluida dan Pencampuran untuk pengerjaan tugas akhir. Bersama partner Hermawan dan di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir Sugeng Winardi, M.Eng serta Dr. Tantular Nurtono, ST, M.Eng, penulis berhasil menyelesaikan tugas akhir Pra Desain Pabrik Biogas dari Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit dan penulisan buku skripsi ini.

DATA PRIBADI

Nama	: Azis Hardianto Wahyujati
Hobi	: Membaca buku/artikel islami, futsal, dan badminton
Email	: sedekahberbagi3@gmail.com